



**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Εφαρμοσμένης Οικονομικής
Τμήμα Οικονομικών Επιστήμων
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Διπλωματική Εργασία

**Διαχείριση Τροφοδοτικής Αλυσίδας:
Το φαινόμενο Bullwhip & Η Αξία Της Πληροφόρησης**

Αλεξοπούλου Φωτεινή-Αλεξάνδρα

Επιβλέπων:Επίκουρος Καθηγητής Κεβόρκ Ηλίας

Βόλος 2015

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω, ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς, είτε παραφρασμένες. Ακόμη, βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Ιούνιος 2015

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα επίκουρο καθηγητή κύριο Ηλία Κεβόρκ, για τη βοήθεια, το συνεχές ενδιαφέρον και την μεγάλη κατανόηση και υπομονή που έδειξε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και να του ζητήσω μία μεγάλη συγγνώμη που δεν μπόρεσα να είμαι αντάξια των προσδοκιών του λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χρόνου αδυνατώντας να προχωρήσω σε περαιτέρω εμπειρική έρευνα επί του θέματος.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών τόσο για τις γνώσεις όσο και για τις αξίες που μου μεταλαμπάδευσαν όλα αυτά τα χρόνια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μου σπουδών καθώς και την οικογένειά μου και τους φίλους μου για όλη την υποστήριξη κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική.

Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την διπλωματική μου εργασία στην μητέρα μου Ειρήνη η οποία επωμίστηκε το οικονομικό βάρος, παρ'όλες τις δυσκολίες και τα εμπόδια, για να μου προσφέρει άλλο ένα εφόδιο στη ζωή μου.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 1.....	9
Διοίκηση τροφοδοτικής αλυσίδας και η ανταλλαγή πληροφοριών	9
1.1 Ορισμός της διαχείρισης της τροφοδοτικής αλυσίδας (Supply Chain Management)	9
1.2 Τα πλεονεκτήματα της SCM	9
1.3 Η ανταλλαγή πληροφοριών στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	10
1.4 Η σημασία της ανταλλαγής πληροφοριών στη διαχείριση της τροφοδοτικής αλυσίδας (SCM).....	11
1.5 Οι σκοπιές των πληροφοριών προς ανταλλαγή.....	12
1.5.1 Η ποιότητα των πληροφοριών	13
1.5.2 Το Περιεχόμενο	13
1.5.3 Τεχνολογική υποστήριξη της ανταλλαγής πληροφοριών	14
1.6 Downstream VS Upstream ανταλλαγή πληροφοριών	14
1.7 Διαστρέβλωση της ανταλλαγής πληροφοριών	15
Κεφάλαιο 2.....	16
Παραμόρφωση Πληροφορίας στην Εφοδιαστική Αλυσίδα: Το φαινόμενο Bullwhip	16
2.1 Ορισμός του Bullwhip effect	16
2.2 Ιστορική ανασκόπηση	16
2.3 Αιτίες του BE.....	18
2.3.1 Ενημέρωση της πρόβλεψης της ζήτησης (Demand Forecast Updating).....	18
2.3.2 Το παιχνίδι της κατανομής-Beer Game.....	20
2.3.3 Στοίβαγμα παραγγελιών	22
2.3.4 Διακυμάνσεις των τιμών	23
2.4 Μέτρηση του BE	24
2.4.1 Δύο ορισμοί της μέτρησης	24
2.4.2 Σκοπός της μέτρησης.....	25
2.4.3 Θεωρητικές Αναλύσεις.....	25

Κεφάλαιο 3.....	33
Η συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην εξάλειψη του BWE.....	33
3.1 Η ανταλλαγή πληροφοριών ως αντίμετρο του BWE	33
3.2 Ανασκόπηση μελετών	33
3.3 Ανταλλαγή πληροφοριών στα αποθέματα	36
3.4 Ανταλλαγή πληροφοριών στη ζήτηση.....	37
3.5 Ανταλλαγή πληροφοριών στις προβλέψεις	37
3.5.1 Λάθη των προβλέψεων	38
Κεφάλαιο 4.....	40
Ανάλυση εμπειρικών ερευνών	40
4.1 Πρώτη έρευνα : των Kelepouris, Miliotis & Drakos (2005)	40
4.1.1 Σκοπός της έρευνας.....	40
4.1.2 Ανάλυση της έρευνας.....	40
4.1.3 Συμπεράσματα της έρευνας.....	49
4.2 Δεύτερη Έρευνα: των Kelepouris T. , Miliotis P. & Pramataris K. (2008)	50
4.2.1 Σκοπός της έρευνας.....	50
4.2.2 Ανάλυση της έρευνας.....	50
4.2.3 Συμπεράσματα της έρευνας.....	64
4.3 Τρίτη έρευνα: των Mohammad M.A. , Boylan J.E. Syntetos A.A.,(2012).....	66
4.3.1 Σκοπός της έρευνας.....	66
4.3.2 Ανάλυση της έρευνας.....	67
4.3.3 Συμπεράσματα της έρευνας.....	76
Συμπεράσματα	80
Βιβλιογραφία	83

Περίληψη

Πολλές έρευνες δείχνουν ότι η επίδραση bullwhip, ή με άλλα λόγια η αύξηση της μεταβλητότητας των παραγγελιών των αποθεμάτων αναπλήρωσης, καθώς ανεβαίνουμε προς τα πάνω σε μια αλυσίδα εφοδιασμού, παρουσιάζει αδυναμίες της διαχείρισης των αποθεμάτων και το γεγονός αυτό συμβάλλει στη γενική αναποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι, μέσα από αυτό το έργο προσπαθούμε να αναλύσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την επίδραση bullwhip, καθώς και να αποδείξουμε τη σημασία της ανταλλαγής πληροφοριών στην μείωση ή εξάλειψη αυτού του αποτελέσματος.

Λέξεις κλειδιά:

Διαχείριση τροφοδοτικής αλυσίδας, φαινόμενο bullwhip, ανταλλαγή πληροφοριών, επίδοση πολιτικών αποθεματοποίησης, επίδοση τροφοδοτικής αλυσίδας

Abstract

Many researches suggest that the bullwhip effect, or increasing variability of inventory replenishment orders as one moves up a supply chain, illustrates inventory management inefficiencies and this fact contributes to general inefficient supply chain management. Thus, through this work we try to analyze as far as possible the bullwhip effect as well as to prove the importance of the information sharing on the reduction or elimination of this effect.

Key words:

Supply chain management, bullwhip effect, information sharing, Inventory performance , supply chain performance

Εισαγωγή

Ο όρος εφοδιαστική αλυσίδα ολοένα και πιο συχνά ακούγεται στον χώρο των επιχειρήσεων και αυτό συμβαίνει διότι η σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας διαδραματίζει βαρυσήμαντο ρόλο στην βιωσιμότητα και στην ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτάται καθοριστικά από το πώς τα μέλη της συντονίζουν τις αποφάσεις τους. Προφανώς είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς συντονισμό χωρίς κάποια μορφή ανταλλαγής πληροφοριών. Έτσι, ένα σημαντικό μέρος της έρευνας πάνω στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αφιερωμένο στην κατανόηση του ρόλου των πληροφοριών στην επίτευξη του συντονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chen,2001). Παράλληλα, μία εκτενής και συνεχώς διευρυνόμενη βιβλιογραφία παρατηρείται αναφορικά με το φαινόμενο Bullwhip .Ο όρος “Bullwhip effect” αναφέρεται στη μεγέθυνση της διακύμανσης της ζήτησης καθώς οι παραγγελίες ανεβαίνουν προς τα πάνω στην αλυσίδα εφοδιασμού. Για παράδειγμα, σε μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο επιπέδων που αποτελείται από έναν έμπορο λιανικής και έναν κατασκευαστή, η συμπεριφορά bullwhip θα σήμαινε ότι η διακύμανση των παραγγελιών που ελήφθησαν από τον κατασκευαστή είναι μεγαλύτερη από τη διακύμανση της ζήτησης που σημειώθηκε από τον λιανοπωλητή. Αυτή η συμπεριφορά παρατηρείται σε μια σειρά από κλάδους, που κυμαίνονται από καταναλωτικά προϊόντα μέχρι την ακίνητη περιουσία (Sternan,2000). Η ύπαρξή του οφείλεται τόσο σε επιχειρησιακούς παράγοντες όσο και σε παράγοντες συμπεριφοράς. Ο Lee (1997) ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε τέσσερις βασικούς λειτουργικούς παράγοντες που ενθαρρύνουν τη συμπεριφορά bullwhip. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν (1) τα πάγια κόστη της παραγωγής και των παραγγελιών, τα οποία συμβάλλουν στην παραγγελία παρτίδων (order batching) , (2) στο παιχνίδι έλλειψης (shortage gaming), το οποίο ενθαρρύνει υπερβάλλουσες παραγγελίες, (3) οι προσφορές τιμών, οι οποίες ενθαρρύνουν την προθεσμιακή αγορά, και (4) τα σφάλματα της ζήτησης σηματοδότησης (demand signaling), τα οποία οδηγούν σε προσαρμογές των παραγγελιών (order adjustments). Από την άλλη πλευρά ,οι παράγοντες συμπεριφοράς, οφείλονται κυρίως σε γνωστικούς περιορισμούς των φορέων λήψης αποφάσεων οι οποίοι έχουν την τάση να μην αντιστοιχούν πλήρως σε μία γραμμή του εφοδιασμού, όταν λαμβάνονται αποφάσεις για την παραγγελία (Sternan,1989), καθώς και την τάση δυσπιστίας, (Croson,Dononhue, 2004). Η ανταλλαγή πληροφοριών και ιδίως η ανταλλαγή πληροφοριών της ζήτησης, των προβλέψεων καθώς και των αποθεμάτων, έχουν αναφερθεί ως πιθανά αντίμετρα προς το αποτέλεσμα bullwhip.

Οι πληροφορίες αποθεμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση προβλέψης της ζήτησης που θα μειώσει τα λάθη και τις καθυστερήσεις της επίδρασης της ζήτησης σηματοδότησης. Στην πραγματικότητα, οι πληροφορίες αυτές μπορούν ακόμη και να είναι χρήσιμες στις αλυσίδες εφοδιασμού, όπου η κατανομή της ζήτησης είναι γνωστή σε όλα τα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού και κάθε μέλος λαμβάνει αποφάσεις παραγγελίας βασιζόμενος σε μια προς τα πάνω πολιτική. Για παράδειγμα, αναλυτικές έρευνες για τη διαχείριση των αποθεμάτων στις αλυσίδες εφοδιασμού δύο σταδίων με έναν μόνο προμηθευτή και μία ή περισσότερες εταιρείες λιανικής πώλησης (Bourland 1996; Lee, Padmanabhan, Whang 1997; Cachon, Fisher 2000; Gavirneni, 1999) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι με την ανταλλαγή πληροφοριών αποθεμάτων μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, με το upstream μέλος (δηλαδή, τον προμηθευτή) να απολαμβάνει τα περισσότερα από τα οφέλη. Σε αυτά τα αναλυτικά μοντέλα, οι πληροφορίες αποθεμάτων παρέχουν στον προμηθευτή μια πιο έγκαιρη και λιγότερο παραμορφωμένη ζήτηση με αποτέλεσμα την μείωση των αποθεμάτων ασφαλείας ή / και την παροχή υψηλότερου επιπέδου υπηρεσιών σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν πληροφορίες απογραφής σε κοινή χρήση. Αυτή η βελτίωση σε επίπεδο προμηθευτή μεταφράζεται επίσης σε μικρότερη ανάγκη για τη δημιουργία αποθεμάτων ασφαλείας στο χώρο της λιανικής πώλησης, ενώ από την άλλη πλευρά για το λιανοπωλητή αποδεικνύεται στις περισσότερες περιπτώσεις να είναι μικρότερη από εκείνη του προμηθευτή.

Δομή της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαχείριση της τροφοδοτικής αλυσίδας, τα πλεονεκτήματα της, η συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην αποτελεσματικότερη SCM καθώς και η διαστρέβλωση της ανταλλαγής πληροφοριών που παρατηρείται. Στο δεύτερο κεφάλαιο διερευνάται το φαινόμενο bullwhip (BWE) εκτενώς με εστίαση του ενδιαφέροντος στα αίτια του φαινομένου καθώς και στη μέτρησή του. Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στη συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην εξάλειψη του BWE από την πλευρά των αποθεμάτων, της ζήτησης και των προβλέψεων. Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής ανάλυση κάποιων σημαντικών ενδεικτικών εμπειρικών μελετών που εστιάζουν στη συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών, από διαφορετικές πλευρές, στην μείωση του BWE και κατ' επέκταση στην αποδοτικότερη διαχείρισης της τροφοδοτικής αλυσίδας και ακολουθούν τα γενικότερα συμπεράσματα της προκειμένης διπλωματικής εργασίας καθώς και κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 1

Διοίκηση τροφοδοτικής αλυσίδας και η ανταλλαγή πληροφοριών

1.1 Ορισμός της διαχείρισης της τροφοδοτικής αλυσίδας (Supply Chain Management)

Το SCM αποτελεί ένα σύνολο δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στον αποτελεσματικό συντονισμό των προμηθευτών, των κατασκευαστών, των αποθηκών εμπορευμάτων και των καταστημάτων προκειμένου να επιτυγχάνεται ορθή παραγωγή και διανομή των εμπορευμάτων τόσο στις σωστές ποσότητες και θέσεις όσο και στον σωστό χρόνο ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος που επιβαρύνει το σύστημα και παράλληλα να σημειώνεται υψηλό επίπεδο υπηρεσιών (Zhou, Benton (2007)).

Με την εφαρμογή του SCM οι στρατηγικές συμμαχίες και οι μακροπρόθεσμες συνεταιριστικές σχέσεις έρχονται να αντικαταστήσουν τις αντικρουόμενες σχέσεις μεταξύ των προμηθευτών, των πελατών και των παροχών logistics καθώς τώρα εξαλείφεται και το φαινόμενο των παγιωμένων στόχων από τους Διευθυντές. Πλέον οι προμηθευτές και οι πελάτες δεν αντιμετωπίζονται ως αντίπαλοι αλλά ως συνεργάτες προκειμένου να μεγιστοποιείται η ανταγωνιστικότητα και η αποδοτικότητα της επιχείρησης καθώς και ολόκληρου του δικτύου ανεφοδιασμού.

1.2 Τα πλεονεκτήματα της SCM

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το SCM είναι τα εξής:

- ελαχιστοποίηση του φαινομένου Bullwhip
- ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων
- ελαχιστοποίηση του κύκλου ζωής
- μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των δραστηριοτήτων
- καλύτερο επίπεδο ποιότητας (Zhang, 2008)

Στη συνέχεια παραθέτονται οι σημαντικότερες σύγχρονες τεχνικές, που μπορεί να θεωρηθεί ότι διαχειρίζονται αποτελεσματικά την εφοδιαστική αλυσίδα μιας επιχείρησης :

- Αναδιάρθρωση στις σχέσεις μεταξύ προμηθευτών και αγοραστών, με μείωση γενικά του αριθμού των προμηθευτών και ενδυνάμωση των σχέσεων μεταξύ των εταιριών με στόχο τη δημιουργία συνεργιών.
- Ανταλλαγή πληροφοριών και ολοκλήρωση πληροφοριακών δομών, που επιτρέπει στους

συμμετέχοντες τις παραδόσεις «Just in Time» και τη μείωση των αποθεμάτων

- Ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα και εφαρμογή τεχνολογίας ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων (EDI), μεταξύ προμηθευτών, πελατών και εταιριών Logistics, που επιτρέπουν την άμεση αντικατάσταση με προϊόντα στα ράφια του πελάτη.
- Συνεργασία στα αρχικά επίπεδα σχεδιασμού ενός προϊόντος μεταξύ των μελών της αλυσίδας, για καλύτερη απόδοση, μείωση κόστους, νεκρών χρόνων (lead times), χρόνων προετοιμασίας (setup times) σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Ανάθεση ορισμένων λειτουργιών μιας επιχείρησης σε κάποια τρίτη εταιρία (outsourcing) και συγκέντρωση των δυνάμεων της επιχείρησης στις κύριες δραστηριότητές της. Η τρίτη εταιρία εξειδικεύεται στις συγκεκριμένες λειτουργίες, τις οποίες αναλαμβάνει τις περισσότερες φορές για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Postpone Manufacturing: δημιουργία διαφοροποιημένων προϊόντων σε διάφορα επίπεδα της αλυσίδας, στα οποία το υλικό φτάνει σε κάποιο στάδιο επεξεργασίας αναμένοντας συγκεκριμένες προδιαγραφές από τον πελάτη, ο οποίος με αυτό τον τρόπο μπορεί να καθορίσει βασικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, ανάλογα με τις απαιτήσεις του (Pires, Bremer, Goulard, 2001).

1.3 Η ανταλλαγή πληροφοριών στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η τεχνολογία της πληροφορίας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ένα πλήθος σαρωτών πλέον συλλέγουν στοιχεία για τις πωλήσεις στο σημείο πώλησης, ενώ η ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων (EDI) επιτρέπει σε αυτά τα δεδομένα να μοιράζονται άμεσα μεταξύ όλων των σταδίων της αλυσίδας εφοδιασμού. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών ιδιαίτερα στη βιομηχανία τροφίμων, έχει μειώσει σημαντικά το χρόνο και το κόστος που απαιτούνται για την διεκπεραίωση μιας παραγγελίας οδηγώντας σε εντυπωσιακή βελτίωση της ολικής απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Cachón, Fisher, 1997). Υπάρχει επομένως μια γενική πεποίθηση στη βιομηχανία ότι η συλλογή και η ανταλλαγή πληροφοριών ζήτησης σε πραγματικό χρόνο είναι το κλειδί για μια αποδοτικότερη εφοδιαστική αλυσίδα (Cachón, Fisher, 2000).

Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πόσο τα μέλη της συντονίζουν τις αποφάσεις τους. Είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς τον συντονισμό χωρίς κάποια μορφή της ανταλλαγής πληροφοριών. Μια αποτελεσματική αλυσίδα ανεφοδιασμού δεν υφίσταται χωρίς την ύπαρξη ενός ενσωματωμένου πληροφοριακού συστήματος (IT) το οποίο θα συμβάλει στη γρήγορη και ασφαλή διανομή των πληροφοριών ανάμεσα στα συμβαλλόμενο μέρη

προκειμένου να επιτυγχάνεται καλύτερη διεκπεραίωση των διαφόρων δραστηριοτήτων κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού Έτσι ένα σημαντικό μέρος των ερευνών πάνω στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αφιερωμένο στην κατανόηση του ρόλου των πληροφοριών στη επίτευξη του συντονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chen,2001)

1.4 Η σημασία της ανταλλαγής πληροφοριών στη διαχείριση της τροφοδοτικής αλυσίδας (SCM)

Το πλεονέκτημα της ανταλλαγής πληροφοριών στο SCM έχουν συζητηθεί έντονα (Cachon,Fisher, 2000.) . Ο Lalonde (1998) θεωρεί την κατανομή των πληροφοριών ως ένα από τα πέντε δομικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν μια σταθερή σχέση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σύμφωνα με τον Stein (1998) όταν οι έταίροι της εφοδιαστικής αλυσίδας που ανταλλάσσουν πληροφορίες σε τακτική βάση είναι σε θέση να εργαστούν ως ενιαία οντότητα. Μαζί, μπορούν να κατανοήσουν τις ανάγκες του τελικού πελάτη καλύτερα και ως εκ τούτου μπορούν έτσι να ανταποκριθούν καλύτερα στις συνεχείς αλλαγές της αγοράς. Τα εμπειρικά ευρήματα των Childhouse & Towill (2003) αποκαλύπτουν ότι η απλοποιημένη ροή υλικών, καθιστούν εξαιρετικά ορατές όλες τις πληροφορίες που ρέουν σε όλη την αλυσίδα, γεγονός που αποτελεί το κλειδί για μια ολοκληρωμένη και αποτελεσματική αλυσίδα εφοδιασμού. Υπάρχει ένας αριθμός νέων αναδυόμενων διαθέσιμων τεχνολογιών που συνδέει τα μέλη μιας αλυσίδας εφοδιασμού για να υποστηρίξει την ανταλλαγή πληροφοριών Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία εταιρικής πληροφόρησης όπως ο προγραμματισμός εταιρικών πόρων (Enterprise Resource Planning ERP), επιτρέπουν στις πληροφορίες να κοινοποιηθούν ομοιόμορφα μεταξύ των μελών μιας αλυσίδας εφοδιασμού, Ωστόσο, τα οφέλη της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν είναι πάντα το ίδιο. Επηρεάζονται από την δομή της αλυσίδας εφοδιασμού (π.χ., σειριακά ή διανομής συστήματα) και τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά (π.χ., πρότυπα ζήτησης και κόστους). Διάφορες μελέτες έχουν εξετάσει διαφορετικές δομές και επιχειρησιακά χαρακτηριστικά (Choi,2010). Τέλος , η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του αγοραστή και του πωλητή στην αλυσίδα εφοδιασμού έχει θεωρηθεί χρήσιμη για τη διόρθωση του λεγόμενου bullwhip αποτελέσματος (δηλαδή τη διακύμανση και την ενίσχυση της ζήτησης από το κάτω προς το πάνω μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού) και να βελτιώσει την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Lee,Padmanabhan,Whang 1997). Παρομοίως οι Yu,Yan & Cheng (2001) επισημαίνουν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις του αποτελέσματος bullwhip στην τροφοδοτική αλυσίδα μπορεί να μειωθούν ή να εξαλειφθούν με την ανταλλαγή πληροφοριών με τους εμπορικούς εταίρους.

Η ανταλλαγή πληροφοριών βελτιώνει τον συντονισμό μεταξύ των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας καθιστώντας δυνατή τη ροή του υλικού και μειώνοντας το κόστος απογραφής Choi,(2010). Η ανταλλαγή πληροφοριών οδηγεί σε υψηλά επίπεδα ολοκλήρωσης της αλυσίδας εφοδιασμού επιτρέποντας στις οργανώσεις να κάνουν αξιόπιστες και γρήγορες παραδόσεις και εισαγωγές προϊόντων στην αγορά . Από την άλλη πλευρά, η ποιότητα της ανταλλαγής πληροφοριών συμβάλλει θετικά στην ικανοποίηση των πελατών και της ποιοτικής εταιρικής σχέσης (Lee,Lin, 2006.). Η ανταλλαγή πληροφοριών επηρεάζει την απόδοση της τροφοδοτικής αλυσίδας όσον αφορά τόσο το συνολικό κόστος όσο και το επίπεδο των υπηρεσιών (Zhao,Xie,Zhang, 2002). Σύμφωνα με τους Lin & Huang (2002), το υψηλότερο επίπεδο ανταλλαγή πληροφοριών συνδέεται με το χαμηλότερο συνολικό κόστος, το υψηλότερο ποσοστό εκτέλεσης παραγγελιών και τον μικρότερο χρόνο κυκλικής παραγγελίας.

Ενώ η ανταλλαγή πληροφοριών είναι σημαντική, η σημασία των επιπτώσεών της στις επιδόσεις της αλυσίδας εφοδιασμού εξαρτάται από ποιες πληροφορίες κοινοποιούνται, πότε και πώς μοιράζονται και με ποιους (Lee,Lin, 2006).

1.5 Οι σκοπιές των πληροφοριών προς ανταλλαγή

Παρατηρούνται τρεις πτυχές των πληροφοριών που μοιράζονται: η ανταλλαγή πληροφοριών τεχνολογικής υποστήριξης, το περιεχόμενο των πληροφοριών, καθώς και η ποιότητα των πληροφοριών. Η ανταλλαγή πληροφοριών τεχνολογικής υποστήριξης περιλαμβάνει το υλικό και το λογισμικό που απαιτείται για την υποστήριξη της ανταλλαγής πληροφοριών. Το περιεχόμενο των πληροφοριών αναφέρεται στις πληροφορίες που μοιράζονται μεταξύ των κατασκευαστών και των πελατών. Η ποιότητα μετρά την ποιότητα των πληροφοριών που μοιράζονται μεταξύ τους οι κατασκευαστές και οι πελάτες. Εν ολίγοις, οι τρεις πτυχές της ανταλλαγής πληροφοριών μετρά τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν την ανταλλαγή πληροφοριών, το πεδίο εφαρμογής των πληροφοριών που ανταλλάσσονται, και την ποιότητα των κοινόχρηστων πληροφοριών, αντίστοιχα (Zhou, Benton,2007).

1.5.1 Η ποιότητα των πληροφοριών

Η ποιότητα των πληροφοριών μετρά το βαθμό στον οποίο η πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανώσεων ανταποκρίνεται στις ανάγκες των οργανισμών (Petersen, 1999). Ένας αριθμός ερευνητών έχουν εντοπιστεί αρκετά σημαντικά χαρακτηριστικά της ποιότητας των πληροφοριών (Neumann, Segev, 1979, Mendelson, Pillai, 1998). Οι Neumann & Segev (1979) μελέτησαν τέσσερα χαρακτηριστικά στοιχεία: το περιεχόμενο, την ακρίβεια, την πρόσφατη πείρα, και τη συχνότητα. Ο McCormack (1998) μέτρησε τις πληροφορίες από την ακρίβεια, τη συχνότητα, την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα των προβλέψεων. Ο Petersen (1999) μέτρησε την ποιότητα των πληροφοριών από ενημερότητα, την ακρίβεια, και την πληρότητα. Η Ποιότητα των πληροφοριών αποτελεί σημαντικό καθοριστικό παράγοντα για τη χρησιμότητα του συστήματος πληροφοριών. Ο Sum (1995) βρήκε ότι η ακρίβεια των δεδομένων είναι κρίσιμη και επηρεάζει την λειτουργική αποδοτικότητα και την εξυπηρέτηση των πελατών. Ο McGowan (1998) υποστήριξε ότι το σύστημα πληροφοριών γίνεται χρήσιμο όταν οι πληροφορίες είναι υψηλής ποιότητας, εύκολα προσβάσιμες, ακριβείς και σχετικές. Σε αυτή τη μελέτη, υπάρχουν εννέα πτυχές της ποιότητας των πληροφοριών: ακρίβεια, διαθεσιμότητα, επικαιρότητα, εσωτερική σύνδεση, εξωτερική συνδεσιμότητα, πληρότητα, ενδιαφέρον, προσβασιμότητα και συχνότητα ενημέρωσης πληροφοριών.

1.5.2 Το Περιεχόμενο

Πολλοί διαχειριστές λανθασμένα επικεντρώνουν τις πληροφορίες που μοιράζονται μόνο στο υλικό και το λογισμικό, αγνοώντας τη διαδικασία λήψης αποφάσεων στην ανταλλαγή πληροφοριών (Davenport, 1994). Οι Schroeder & Flynn (2001) υποστήριξαν ότι αυτό που κάνει τη διαφορά στην απόδοση είναι το πώς χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες. Για παράδειγμα, οι επιχειρήσεις υψηλής απόδοσης έχουν υψηλότερο ποσοστό ανταλλαγής πληροφοριών μέσω EDI με τους πελάτες και τους προμηθευτές. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η επένδυση στην τεχνολογία των πληροφοριών από μόνη της δεν είναι αρκετή. Μόνο όταν οι διοικητικές ομάδες δώσουν έμφαση τόσο στην επένδυση της κατάλληλης τεχνολογίας όσο και στην επιλογή κατάλληλων πληροφοριών προς ανταλλαγή, μπορεί τότε μια επιχείρηση να πετύχει αποτελεσματική συνολική απόδοση της επιχείρησης. Το περιεχόμενο των πληροφοριών μπορεί να διακριθεί σε : πληροφορίες του προμηθευτή, πληροφορίες του κατασκευαστή, πληροφορίες των πελατών, πληροφορίες διανομής και πληροφορίες λιανοπωλητή (Zhou, Benton, 2007).

1.5.3 Τεχνολογική υποστήριξη της ανταλλαγής πληροφοριών

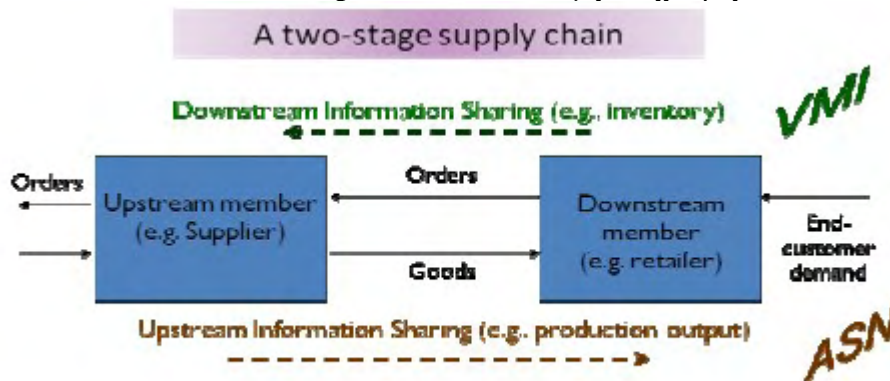
Εκτός από την προηγμένη τεχνολογία κατασκευής (Boyer1997;Boyer,Pagell,2000), πολλές εφαρμογές πληροφορικής έχουν προκύψει και έχουν γίνει ευρέως υιοθετηθεί στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας τα τελευταία χρόνια. Οι SCM IT εφαρμογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες με βάση το μήκος της περιόδου σχεδιασμού . Η πρώτη κατηγορία είναι η εκτέλεση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία επικεντρώνεται σε βραχυπρόθεσμες καθημερινές δραστηριότητες, όπως η διαχείριση αποθήκης, η διαχείριση μεταφορών και συνεργατικές κατασκευές. Η δεύτερη κατηγορία είναι ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία επικεντρώνεται σε μεσοπρόθεσμες έως μακροπρόθεσμες δραστηριότητες. Τέλος, η τρίτη κατηγορία είναι η διαχείριση της εκτέλεσης της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία γεφυρώνει τις δύο πρώτες κατηγορίες ως εργαλείο υποστήριξης .

1.6 Downstream VS Upstream ανταλλαγή πληροφοριών

Ο όρος «ανταλλαγή πληροφοριών», άρχισε να χρησιμοποιείται στα τέλη του 1990. Ένα κοινό παράδειγμα επιμερισμού downstream πληροφοριών μπορούν να βρεθούν στη διαχείριση αποθεμάτων του πωλητή (vendor managed inventory –VMI) όπου οι λιανοπωλητές μοιράζονται τα δεδομένα της τελικής ζήτησης βάσει των πωλήσεων (point of sale) με τους προμηθευτές τους.

Από την άλλη πλευρά, ένα παράδειγμα της upstream ανταλλαγής πληροφοριών μπορεί να βρεθεί σε προηγμένα δελτία αποστολής(advanced shipping notices) τα οποία δίνουν πληροφορίες για το πόσες παραγγελίες αποστέλλονται αποστέλλονται από το upstream μέλος και τότε θα φθάσει στο downstream μέλος, Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει τη ροή των πληροφοριών μεταξύ των upstream και downstream μελών (Choi, 2010).

Οι Lee , So, & Tang (2000) ποσοτικοποίησαν τα οφέλη της ανταλλαγής της «προς τα κάτω» πληροφορίας και προσδιόρισαν τα οφέλη. Μελέτησαν μια απλή αλυσίδα εφοδιασμού σε δύο στάδια με μη στάσιμες τελικές παραγγελίες αλλά με την ζήτηση να είναι αυτοσυσχετιζόμενη την πάροδο του χρόνου. Έδειξαν ότιο κατασκευαστής θα βιώσει μεγαλύτερη εξοικονόμηση με αυτοσυσχετιζόμενη ζήτηση .Επίσης οι Gavirneni (1999) και Cachón &Fisher (2000), ασχολήθηκαν με διάφορες δομές των αλυσίδων εφοδιασμού και τύπους της «προς τα κάτω» δυνατότητας ανταλλαγής πληροφοριών.

Εικόνα 1: Downstream vs upstream ανταλλαγή πληροφοριών

(Choi, 2010)

Η Κοινή χρήση των downstream πληροφοριών αποθεμάτων φαίνεται να είναι πιο πιο αποτελεσματική στη μείωση της συμπεριφοράς bullwhip από ότι η παρόμοια upstream ανταλλαγή (Croson & Donohue 2004.)

1.7 Διαστρέβλωση της ανταλλαγής πληροφοριών

Η λογοτεχνία είναι γεμάτη με το παράδειγμα των δυσλειτουργικών επιπτώσεων της ανακριβών/καθυστερημένων πληροφοριών, όπως κινούνται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού (Mason-Jones, Towill, 1997). Αντικρουόμενα συμφέροντα και ευκαιριακές συμπεριφορές των εταίρων στην αλυσίδα εφοδιασμού, και ασυμμετρίες ενημερώσεων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού επηρεάζουν την ποιότητα των πληροφοριών (Feldmann, Miller, 2003). Έχει υποστηριχθεί ότι οι οργανισμοί στρεβλώνουν συνειδητά τις πληροφορίες οι οποίες μπορούν δυνητικά να φθάσουν όχι μόνο στους ανταγωνιστές τους, αλλά και τους δικούς τους προμηθευτές και πελάτες (R. Mason-Jones, Towill, 1997). Επομένως φαίνεται ότι υπάρχει μια ενσωματωμένη απροθυμία μέσα στους οργανισμούς να δώσουν σε τρίτους περισσότερες από τις ελάχιστες πληροφορίες δεδομένου ότι οι γνωστοποιημένες πληροφορίες γίνονται αντιληπτές ως απώλεια ισχύος καθώς οι εταιρείες φοβούνται ότι οι πληροφορίες μπορούν να διαρρεύσουν σε πιθανούς αντιπάλους.

Για να διευκολυνθεί η ποιότητα της ανταλλαγής πληροφοριών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανταλλαγή πληροφοριών είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί η στρατηγική για να ξεπεραστούν οι φραγμοί που εμποδίζουν την ανταλλαγή πληροφοριών και την ενθάρρυνση της συνεχούς ροής πληροφοριών στις αλυσίδες εφοδιασμού (Lee, Lin, 2006).

Κεφάλαιο 2

Παραμόρφωση Πληροφορίας στην Εφοδιαστική Αλυσίδα: Το φαινόμενο Bullwhip

2.1 Ορισμός του Bullwhip effect

Η επίδραση bullwhip συμβαίνει όταν ενισχύονται οι μεταβλητότητες των παραγγελιών καθώς ανεβαίνουμε στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η μονάδα στο κάτω μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού (π.χ. λιανοπωλητής) παρατηρεί μια εξωτερική ζήτηση που μεταδίδεται κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας ως παραγγελίες αναπλήρωσης αποθέματος από τη μία μονάδα στην άλλη. Έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να συμβεί σημαντική στρέβλωση πληροφοριών κατά τη διάρκεια αυτής της εκπομπής που είναι γνωστή ως φαινόμενο bullwhip (Charu, Grabis 2005). Πιο συγκεκριμένα, οι παραγγελίες προς προμηθευτές τείνουν να έχουν μεγαλύτερη διακύμανση απ' ό,τι οι πωλήσεις προς τους πελάτες (δηλαδή παραμόρφωση της ζήτησης) και το φαινόμενο μεταφέρεται προς τα πάνω στην αλυσίδα τροφοδοσίας. Έτσι ο προμηθευτής που καθοδηγείται από δεδομένα άμεσων παραγγελιών αντί πραγματικής ζήτησης παραπλανάται από τη μεγαλύτερη διακύμανση με σημαντικές επιπτώσεις κόστους. Οι διαστρεβλωμένες πληροφορίες από το ένα άκρο της αλυσίδας εφοδιασμού στον άλλο μπορεί να οδηγήσουν σε τεράστια αναποτελεσματικότητα. Οι εταιρείες μπορούν να εξουδετερώσουν αποτελεσματικά τις συνέπειες bullwhip κατανοώντας τις βασικές αιτίες του. Οι ηγέτες της βιομηχανίας εφαρμόζουν καινοτόμες στρατηγικές που θέτουν νέες προκλήσεις: α) ενσωμάτωση νέων πληροφοριακών συστημάτων, β) νέες οργανωτικές σχέσεις, και γ) εφαρμογή νέων συστημάτων παροχής κινήτρων και μέτρησης (Lee., Padmanabhan, Whang Seungjin, 1997)

2.2 Ιστορική ανασκόπηση

Ο Forrester το 1961 παρέχει μερικές από τις πρώτες εμπειρικές αποδείξεις για τις επιπτώσεις bullwhip και συζητά τις αιτίες της και τον εντοπισμό πιθανών λύσεων. Ο Sterman (1989) ασχολείται με το bullwhip φαινόμενο στο πλαίσιο του "παιχνιδιού διανομής μπίρας," και αποδίδει το φαινόμενο σε παράλογη συμπεριφορά των παικτών. Ο Carlin (1985) εξετάζει τον αντίκτυπο της

παρτίδας παραγγελιών σχετικά με την επίδραση bullwhip. Θεωρεί ένα λιανοπωλητή ο οποίος ακολουθεί μια συνεχή επανεξέταση (s, S) αποθεμάτων. Σημειώστε ότι για μια πολιτική απογραφής αυτής της μορφή, όταν ο λιανοπωλητής δίνει εντολή, το μέγεθος της εν λόγω διατάξεως, $Q = S - s$, είναι σταθερή και γνωστή. Ως εκ τούτου, η μεταβλητότητα των παραγγελιών από τον λιανοπωλητή οφείλεται μόνο στη μεταβλητότητα των μεταξύ παραγγελιών, δηλαδή, η μεταβλητότητα στο χρόνο που χρειάζεται για το επίπεδο των αποθεμάτων να μειωθεί από S σε s .

Οι Lee., Padmanabhan & Whang (1997) προσδιόρισε τις τυπικές κύριες αιτίες του αποτελέσματος bullwhip, ενώ ο Lee et al(1997b) συζητά τις διαχειριστικές αιτίες. Υποστήριξε ότι αν διατηρηθούν οι ακόλουθες προϋποθέσεις: (1) η ζήτηση είναι σταθερή και δεν χρησιμοποιείται επεξεργασία σήματος, (2) ο χρόνος παραγγελίας είναι μηδέν, (3) το σταθερό κόστος παραγγελίας είναι μηδέν και (4) καμία μεταβολή των τιμών δεν εμφανίζεται τότε δεν παρατηρείται αύξηση της διακύμανσης. Ωστόσο, αν κάποια από αυτές οι συνθήκες δεν ισχύει, η επίδραση bullwhip μπορεί να παρατηρηθεί. Ο Chen (2000) πολιτικοποίησε το αποτέλεσμα bullwhip υποθέτοντας ότι οι δύο πρώτες προϋποθέσεις είναι χαλαρές. Χρησιμοποιώντας τον απλός κινητός μέσος όρος τεχνική πρόβλεψης για να κάνει τις προβλέψεις, διερεύνησε την επίδραση bullwhip σύμφωνα με τον χρόνο παραγγελίας και την ανταλλαγή πληροφοριών. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων τους δείχνουν ότι η αύξησης της διακύμανση παραγγελίας γίνεται μεγαλύτερη με την αύξηση του χρόνου παραγγελίας και με το με χαμηλότερο επίπεδο ανταλλαγής πληροφοριών. Οι Chen & Simchi-Levi (2000) και ο Xu (2001) κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα χρησιμοποιώντας την εκθετική τεχνική εξομάλυνσης στην πρόβλεψη. Οι Chen & Simchi-Levi (2000) έδειξαν επίσης ότι, εάν μία παράμετρος εξομάλυνσης τοποθετείται στην εκθετική εξομάλυνση προκειμένου να έχουν την ίδια ακρίβεια πρόβλεψης τόσο η εκθετική εξομάλυνση όσο και η μέθοδος κινητού μέσου, στη συνέχεια, η εκθετική εξομάλυνση δίνει μεγαλύτερη τάξη διακύμανσης. Ο Graves (1999) καταδεικνύει επίσης την παρουσία του αποτελέσματος bullwhip, όταν η εξωτερική ζήτηση, η οποία είναι η πρώτη σειρά ολοκληρωμένης διαδικασίας κινητού μέσου, προβλέπεται με τη χρήση εκθετικής εξομάλυνση με την βέλτιστη παράμετρο εξομάλυνσης.

2.3 Αιτίες του BE

Οι Lee , Padmanabhan και Whang (1997) εντόπισαν τις βασικότερες αιτίες εμφάνισης του φαινομένου bullwhip οι οποίες είναι οι εξής:

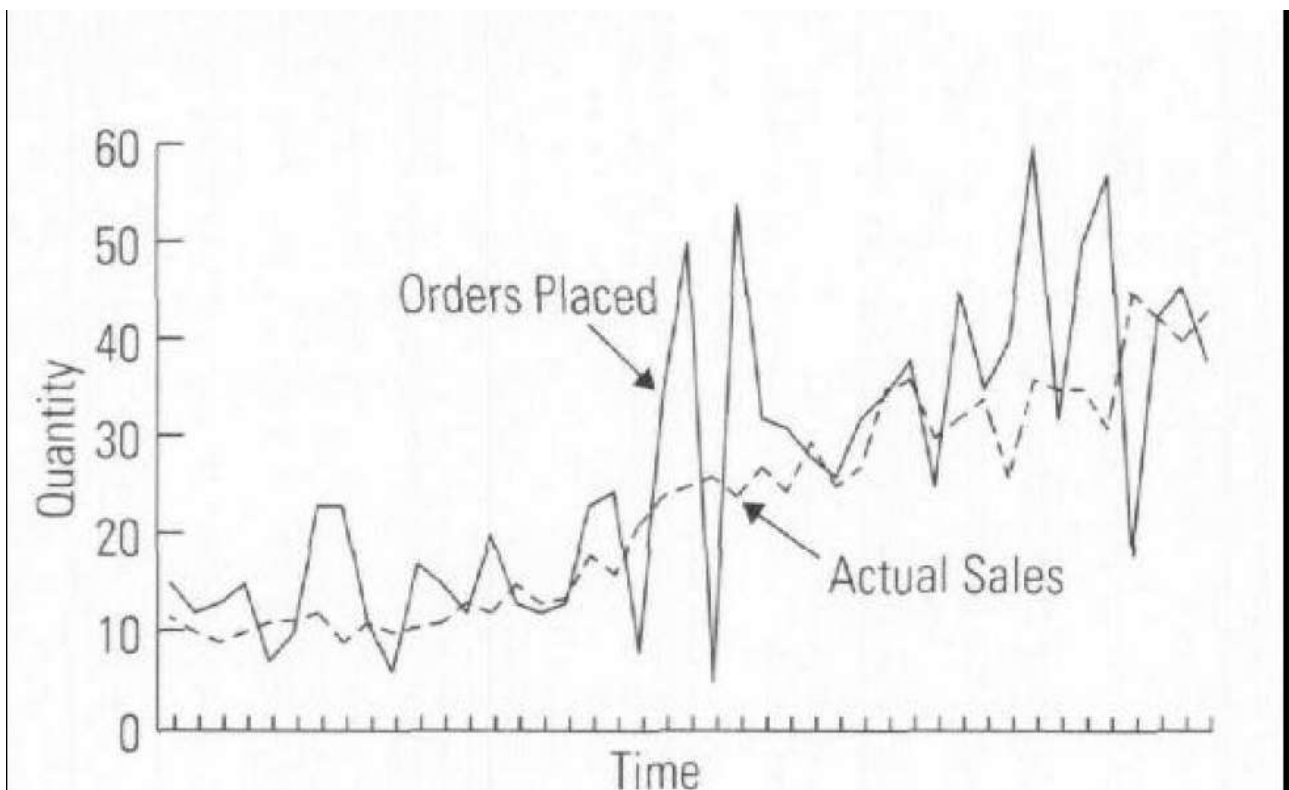
- Ενημέρωση πρόβλεψης της ζήτησης (Demand Forecast Updating)
- Το παιχνίδι της κατανομής (Beer game)
- Στοιβάγμα παραγγελιών (Order Batching)
- Διακυμάνσεις των τιμών

2.3.1 Ενημέρωση της πρόβλεψης της ζήτησης (Demand Forecast Updating)

Κάθε εταιρεία σε μια αλυσίδα εφοδιασμού συνήθως κάνει την πρόβλεψη του προϊόντος για τον προγραμματισμό της παραγωγής, τον έλεγχο της απογραφής, και τον προγραμματισμό των απαιτήσεων σε υλικά. Η πρόβλεψη βασίζεται κυρίως στο ιστορικό παραγγελιών από τους άμεσους πελάτες της εταιρείας. Τα αποτελέσματα του “παιχνιδιού μπίρας” είναι η συνέπεια πολλών συμπεριφοριστικών παραγόντων, όπως οι αντιλήψεις και η δυσπιστία των παικτών. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η διαδικασία σκέψης του κάθε παίχτη στην δημιουργία των προτύπων ζήτησης με βάση ό,τι αυτός ή αυτή παρατηρεί. Όταν ένας “προς τα κάτω” φορέας τοποθετεί μια παραγγελία, ο “προς τα πάνω” φορέας λαμβάνει αυτό το κομμάτι των πληροφοριών ως σηματοδότηση για την μελλοντική ζήτηση του προϊόντος. Με βάση αυτό το σήμα, ο “προς τα πάνω” διευθυντής αναπροσαρμόζει τις προβλέψεις της ζήτησης και εν συνεχεία τις παραγγελίες προς τους προμηθευτές του “προς τα πάνω” φορέα. Οι Lee, Padmanabhan & Whang (1997) υποστήριξαν ότι η επεξεργασία σήματος ζήτησης είναι μια σημαντική συμβολή στο φαινόμενο bullwhip. Για παράδειγμα, αν ένας διαχειριστής πρέπει να καθορίσει πόσο να παραγγείλει από έναν προμηθευτή, μπορεί να χρησιμοποιήσει μία απλή μέθοδο πρόβλεψης της ζήτησης, όπως είναι η εκθετική εξομάλυνση. Με την εκθετική εξομάλυνση, οι μελλοντικές απαιτήσεις ενημερώνονται συνεχώς, δεδομένου ότι είναι διαθέσιμα τα ημερήσια δεδομένα ζήτησης. Η παραγγελία που στέλνει ο διαχειριστής στον προμηθευτή αντανakλά το ποσό που απαιτείται ώστε να αναπληρωθούν τα αποθέματα τα οποία θα καλύψουν τις μελλοντικές απαιτήσεις, καθώς και τα απαραίτητα αποθέματα ασφαλείας. Οι μελλοντικές απαιτήσεις και τα συναφή αποθέματα ασφαλείας ενημερώνονται μέσω της τεχνικής εξομάλυνσης. Καθώς οι χρόνοι ολοκλήρωσης της παραγωγικής διαδικασίας (lead times) είναι μεγάλοι, είναι σύνηθες φαινόμενο να μεσολαβούν

βδομάδες με αποθέματα ασφαλείας. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι διακυμάνσεις στις ποσότητες παραγγελιών με την πάροδο του χρόνου μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες των δεδομένων της ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, προχωρώντας ένα στάδιο προς τα πάνω στην αλυσίδα εφοδιασμού, οι ημερήσιες παραγγελίες του φορέα του προηγούμενου σταδίου συνιστούν τη ζήτηση του πιο πάνω προμηθευτή. Αν πάλι ο τελευταίος χρησιμοποιήσει επίσης εκθετική εξομάλυνση για να ενημερώσει τις προβλέψεις του και τα αποθέματα ασφαλείας, οι παραγγελίες που θα τοποθετήσει με τον προμηθευτή του θα έχει ακόμα μεγαλύτερες διακυμάνσεις. Όπως μπορούμε να δούμε από το σχήμα, οι παραγγελίες από τον έμπορο στον κατασκευαστή έχουν πολύ μεγαλύτερη μεταβλητότητα από ό,τι απαιτήσεις των καταναλωτών. Επειδή η ποσότητα του αποθέματος ασφαλείας συμβάλλει στο φαινόμενο του bullwhip, είναι αναμενόμενο ότι η διακύμανση θα είναι μεγαλύτερη, όταν οι χρόνοι παράδοσης μεταξύ του ανεφοδιασμού των στοιχείων κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού είναι μεγαλύτεροι.

Σχήμα 1: Τοποθετούμενες παραγγελίες από τον έμπορο στον κατασκευαστή και οι πραγματικές πωλήσεις που πραγματοποιούν οι τελικοί πελάτες

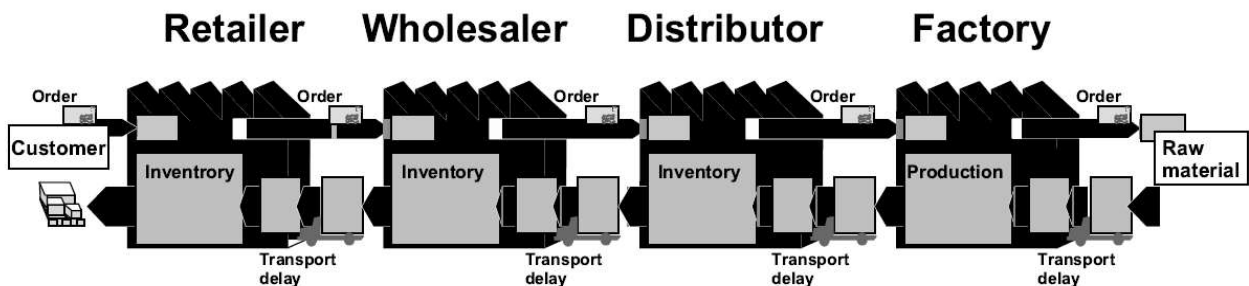


(Lee, Padmanabhan & Whang 1997)

2.3.2 Το παιχνίδι της κατανομής-Beer Game

Το αρχικό παιχνίδι Beer αναπτύχθηκε στο MIT της Βοστώνης στη Μασαχουσέτη, στη δεκαετία του 1960 ως ένα επιτραπέζιο παιχνίδι (Forrester 1958). Από τότε αυτό παίζει το ρόλο της προσομοίωσης μιας απλής αλυσίδας εφοδιασμού που έχει χρησιμοποιηθεί σε αναρίθμητα προπτυχιακά, μεταπτυχιακά και εκπαιδευτικά μαθήματα. Παρόλο που το παιχνίδι Beer απεικονίζει την πραγματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας με έναν απλοποιημένο τρόπο και θεωρεί μόνο ορισμένα αποτελέσματα, εμπνέει τους συμμετέχοντες με την παροχή ιδεών σε πραγματικές τάσεις και συμπεριφορές πολύ απλά και γρήγορα, στο πλαίσιο ενός παιχνιδιού. Στο αρχικό παιχνίδι προσομοίωσης μπίρας, οι παίκτες είναι αντιμέτωποι με το ακόλουθο σενάριο (βλέπε σχήμα 2).

Σχήμα 2: Παιχνίδι κατανομής της μπίρας

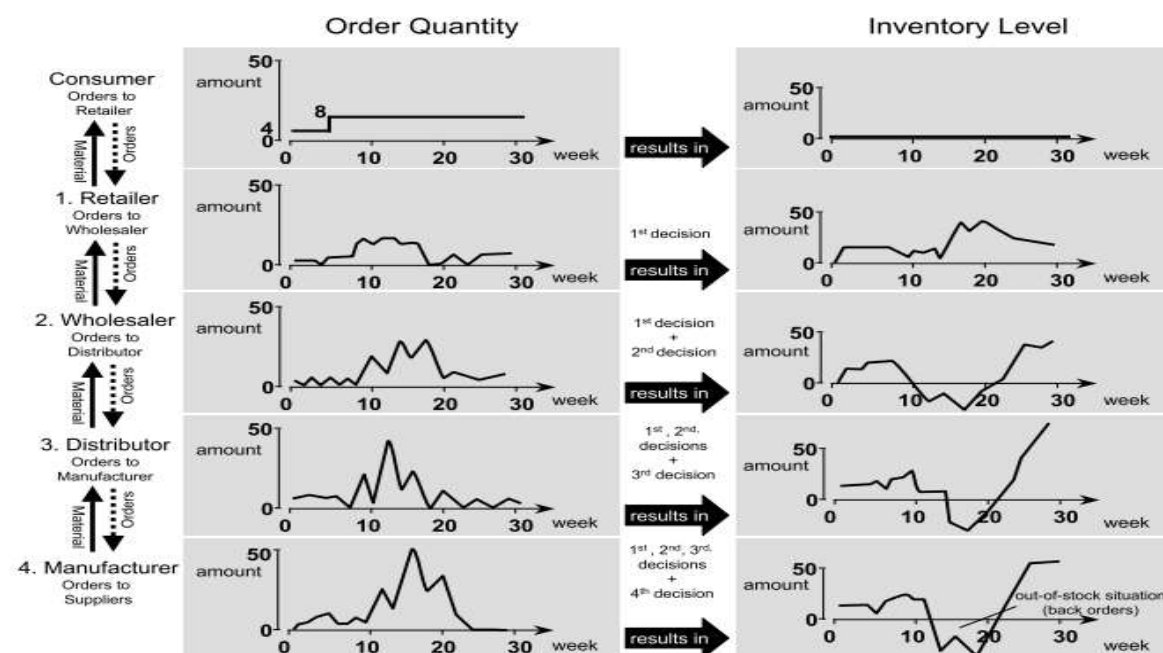


(Lee, Padmanabhan & Whang 1997)

Σκεφτείτε μια απλοποιημένη εφοδιαστική αλυσίδα, που αποτελείται από ένα ενιαίο λιανοπωλητή, έναν ενιαίο χονδρέμπορο που προμηθεύει τον λιανοπωλητή, έναν αποκλειστικό διανομέα που προμηθεύει τον χονδρέμπορο, και ένα εργοστάσιο με απεριόριστες πρώτες ύλες που κάνει (μπίρες), και τροφοδοτεί το διανομέα. Κάθε συνιστώσα της αλυσίδας εφοδιασμού έχει απεριόριστες δυνατότητες αποθήκευσης. Ο πωλητής δέχεται άμεσα την παραγγελία από την αγορά και παραδίδει μπίρα αναλόγως με την απόφαση σχετικά με το τι πρέπει να παραγγείλει από το διανομέα του. Με τη σειρά του ο διανομέας αποφασίζει τότε τι να παραγγείλει από την αποθήκη και ούτω καθεξής. Κάθε παίκτης προσπαθεί να εγκαίρως να προβλέψει τη ζήτηση και την ισορροπία αποθεμάτων. Ωστόσο, λόγω του χρόνου μεταφοράς των πληροφοριών της μετέπειτα παράδοση των προϊόντων η διαδικασία αυτή δεν είναι τόσο εύκολη όσο φαίνεται για πρώτη φορά και, κατά συνέπεια, ακόμη και έμπειροι φορείς λήψης αποφάσεων συχνά να μην τα καταφέρνουν. Εν ολίγοις, κάθε εβδομάδα, κάθε φορέας της εφοδιαστικής αλυσίδας, προσπαθεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση του “προς τα κάτω” φορέα. Οι παραγγελίες που δεν μπορούν να καλυφθούν

καταγράφονται ως ανεκπλήρωτες παραγγελίες (backorders) και ικανοποιούνται το συντομότερο δυνατό. Καμία παραγγελία δεν πρέπει να αγνοηθεί, και όλες οι παραγγελίες πρέπει τελικά να πληρούνται. Σε κάθε περίοδο, κάθε συνιστώσα της αλυσίδας εφοδιασμού χρεώνεται με ένα κόστος έλλειψης ανά (backordered) αναβαλλόμενο στοιχείο. Επίσης, σε κάθε περίοδο, κάθε φορέας έχει στη διάθεσή του εσ εμπορευμάτων στην εν λόγω εγκατάσταση. Επιπλέον, ο χονδρέμπορος κατέχει την απογραφή υπό διαμετακόμιση προς το λιανοπωλητή, και ο διανομέας διαθέτει την απογραφή υπό διαμετακόμιση προς τον χονδρέμπορο, και το εργοστάσιο διαθέτει και τα στοιχεία που έχουν κατασκευαστεί και στοιχεία που βρίσκονται προς μεταφορά στο διανομέα. Κάθε μέρος χρεώνεται 0,5 κόστος εκμετάλλευσης ανά απογραφόμενο στοιχείο που κατέχει. Επίσης, κάθε μέλος της αλυσίδας εφοδιασμού κάνει παραγγελία ενός μέρους εμπορευμάτων από τον “προς τα πάνω” προμηθευτή του. Για να φθάσει η παραγγελία στον προμηθευτή απαιτείται μία εβδομάδα. Μόλις η παραγγελία φθάσει στον προμηθευτή ο τελευταίος προσπαθεί να την καλύψει με τα διαθέσιμα εμπορεύματα και έτσι απαιτούνται ακόμη δύο εβδομάδες καθυστέρησης μεταφοράς πριν από την αποστολή υλικού από το προμηθευτή έως ότου να φθάσει στον πελάτη που είχε τοποθετήσει την παραγγελία. Ο στόχος του λιανοπωλητή, του χονδρέμπορου, του διανομέα, και του εργοστασίου είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους, είτε μεμονωμένα είτε για ολόκληρο το σύστημα. Όταν το παιχνίδι παίζεται, τυπικά αποτελέσματα αποκαλύπτουν τα αποτελέσματα μεταβλητότητας όπως φαίνεται στο σχήμα 3.

Σχήμα 3: Μεταβλητότητα παραγγελιών και αποθεμάτων



(Lee, Padmanabhan & Whang 1997)

2.3.3 Στοίβαγμα παραγγελιών

Σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, κάθε εταιρεία τοποθετεί παραγγελίες με ανοδική οργάνωση εφαρμόζοντας κάποιον έλεγχο αποθεμάτων. Εν συνεχεία δημιουργούνται οι πελατειακές απαιτήσεις οι οποίες μειώνουν τα αποθέματα αλλά η εταιρεία μπορεί να μη είναι άμεσα σε θέση να προβεί σε τοποθέτηση παραγγελιών στον προμηθευτή της. Συχνά συγχωνεύει ή στοιβάζει απαιτήσεις πριν από την έκδοση παραγγελίας. Υπάρχουν δύο μορφές στοιβάγματος παραγγελιών: η περιοδική παραγγελία και η (push) παραγγελία. Δηλαδή αντί οι εταιρείες να προβαίνουν σε συχνές παραγγελίες, έχουν τη δυνατότητα να τις πραγματοποιούν σε εβδομαδιαία, δεκαπενθήμερη, ή ακόμα και σε μηνιαία βάση. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους ένα σύστημα απογραφής βασίζεται σε κυκλικές παραγγελίες. Συνήθως ο προμηθευτής δεν μπορεί να χειριστεί συχνή επεξεργασία παραγγελιών, διότι ο χρόνος και το κόστος διεκπεραίωσης μιας παραγγελίας μπορεί να είναι μεγάλα. Για την P & G εκτιμάται ότι, λόγω των πολλών χειροκίνητων επεμβάσεων που απαιτούνται για την τιμολόγηση και τα συστήματα αποστολής, καθένα από τα τιμολόγια στους πελάτες της μπορεί να κοστίσει μεταξύ \$ 35 και \$ 75 για την όλη διαδικασία. » Πολλοί κατασκευαστές τοποθετούν τις παραγγελίες με τους προμηθευτές όταν τρέχουν τα δικά τους συστήματα οργάνωσης των απαιτήσεών τους (material requirements planning) τα οποία τρέχουν μηνιαία με αποτέλεσμα να τοποθετείται μηνιαία παραγγελία με τους προμηθευτές. Μια εταιρεία με αργή ροή εμπορευμάτων προτιμάει να τοποθετεί παραγγελίες σε τακτική κυκλική βάση, καθώς μπορεί να έχει μικρή κατανάλωση η οποία να μην επιτρέπει τον ανεφοδιασμό. Για παράδειγμα, έστω μια εταιρεία η οποία πραγματοποιεί παραγγελίες μία φορά το μήνα από τον προμηθευτή της. Ο προμηθευτής αντιμετωπίζει μια εξαιρετικά ακανόνιστη ροή των παραγγελιών. Υπάρχει μια κορύφωση της ζήτησης σε μία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του μήνα, που δεν ακολουθείται από τις απαιτήσεις του υπόλοιπου μήνα. Φυσικά, αυτή η μεταβλητότητα είναι υψηλότερη από ό, τι τα αιτήματα τα οποία η ίδια η εταιρεία αντιμετωπίζει. Αυτή η Περιοδική παραγγελία επομένως ενισχύει τη μεταβλητότητα και συντελεί στο φαινόμενο bullwhip. Άλλωστε ένα κοινό εμπόδιο για μια εταιρεία που θέλει να παραγγείλει συχνά είναι τα μεταφορικά έξοδα.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ ενός πλήρως φορτωμένου φορτηγού (full truckload-FTL) και ενός λιγότερο φορτωμένου, γι'αυτό οι εταιρείες έχουν ένα ισχυρό κίνητρο να γεμίσουν ένα φορτηγό όταν παραγγέλνουν υλικά από έναν προμηθευτή. Μερικές φορές, οι προμηθευτές κάνουν την καλύτερη εφικτή τιμολόγηση σε FTL παραγγελίες. Για τα περισσότερα αντικείμενα, ένα πλήρες φορτηγό θα μπορούσε να είναι μια προμήθεια ενός μήνα ή περισσότερο. Οι FTL παραγγελίες θα μετρίαζαν σημαντικά τις υπερβολικές κυκλικές παραγγελίες. Από την άλλη πλευρά, στην push

παραγγελία, η εταιρεία αντιμετωπίζει τακτική αύξηση της ζήτησης καθώς ότι οι πωλητές της αξιολογούνται σε τριμηνιαία ή ετήσια βάση με αποτέλεσμα να προκαλούνται τριμηνιαίες ή ετήσιες εξάρσεις της ζήτησης (Carroll, Lee, Rao, 1986) Συγκεκριμένα, οι πωλητές οι οποίοι πρέπει να συμπληρώσουν κάποια ποσοστά πωλήσεων μπορούν να «δανειστούν» μπροστά και να υπογράψουν παραγγελίες πρόωρα.

Όταν μια εταιρεία αντιμετωπίζει περιοδικές παραγγελίες από τους πελάτες της τότε δημιουργείται το bullwhip αποτέλεσμα. Αν όλοι οι πελατειακοί κύκλοι ήταν απλωμένοι ομοιόμορφα σε όλη τη διάρκεια της εβδομάδας, η επίδραση bullwhip θα ήταν ελάχιστη. Οι περιοδικές εξάρσεις της ζήτησης από ορισμένους πελάτες θα ήταν ασήμαντες διότι δεν θα τοποθετούνταν όλες οι παραγγελίες την ίδια στιγμή. Ωστόσο μια τέτοια ιδανική κατάσταση είναι σπάνια. Οι παραγγελίες είναι πιο πιθανό να είναι τυχαία απλωμένες ή, ακόμη χειρότερα, να αλληλεπικαλύπτονται. Όταν οι κύκλοι παραγγελιών επικαλύπτονται, οι περισσότεροι πελάτες που παραγγέλνουν περιοδικά το πράττουν το ίδιο χρονικό διάστημα γεγονός που συνεπάγεται την εντονότερη αύξηση της ζήτησης και της μεταβλητότητας που προκύπτει από το αποτέλεσμα bullwhip. Αν η πλειοψηφία των εταιρειών που κάνουν MRP ή διανομής απαίτηση σχεδιασμού (DRP) για την τοποθέτηση παραγγελιών αγορών το πράζουν στις αρχές του μήνα (ή στο τέλος του μήνα), οι κύκλοι παραγγελιών επικαλύπτονται. Η περιοδική εκτέλεση των MRPs επομένως συμβάλλει στο φαινόμενο του bullwhip.

2.3.4 Διακυμάνσεις των τιμών

Οι Διακυμάνσεις των τιμών αναφέρονται στην πρακτική της προσφορών προϊόντων σε μειωμένες τιμές που εφαρμόζουν οι εταιρείες με σκοπό την τόνωση της ζήτησης. Υποθέτοντας μία ελαστική ζήτηση, δημιουργούνται προσωρινές αυξήσεις των παραγγελιών καθώς οι λιανοπωλητές και οι τελικοί πελάτες επωφελούνται από αυτή την ευκαιρία προβαίνοντας σε πρόωρη αγορά των εκπτώτικων προϊόντων από τους προμηθευτές και από τους λιανοπωλητές αντίστοιχα. Ωστόσο, αυτό έχει σοβαρές επιπτώσεις στη δυναμική της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι Ozelkan, & akanyildirim (2009) ανέλυσαν την επίδραση της μεταβλητότητας των τιμών προμηθειών από πάνω μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού προς τις λιανικές τιμές του κατώτερου σταδίου. Χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο της θεωρία των παιγνίων διαμόρφωσαν μια σειριακή εφοδιαστική αλυσίδα. Τα διαδοχικά σενάρια παιχνίδια των τιμών ερευνήθηκαν για να δείξουν ότι υπάρχει μια αύξηση της μεταβλητότητα των λιανικών τιμών και ένα ενισχυμένο αντίθετο αποτέλεσμα bullwhip στις τιμές

υπό ορισμένες συνθήκες ζήτησης. Οι Lee, Padmanabhan & Whang (1997) διαπίστωσαν πως όσο η μεταβλητότητα των τιμών αυξάνεται στα κατώτερα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού, τόσο αυξάνεται η επίδραση bullwhip στα ανώτερα στάδια .

2.4 Μέτρηση του BE

2.4.1 Δύο ορισμοί της μέτρησης

Υπάρχουν δύο βασικοί ορισμοί της μέτρησης του bullwhip αποτελέσματος που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία. Οι Lee, Padmanabhan & Whang (1997) αρχικά περιγράφουν την επίδραση bullwhip ως μια μορφή «παραμόρφωσης των πληροφοριών » που μετράται με τη σύγκριση της διακύμανσης παραγγελιών με τη διακύμανση της ζήτησης (όπου παραγγελία μπορεί επίσης να ερμηνεύεται ως απελευθέρωση της παραγωγής).Ο ορισμός αυτός αποτυπώνει τη διαστρέβλωση της ροής πληροφοριών που πηγαίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση (παραγγελία του μεταγενέστερου σταδίου είναι η είσοδος της ζήτησης στο στάδιο που προηγείται). Ένας δεύτερος ορισμός, που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εμπειρικές μελέτες, συγκρίνει τη διακύμανση των παραγγελιών (ή μεταφορών) με την διακύμανση των πωλήσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι πληροφορίες παραλαβής παραγγελίας, εάν δεν διαθέσιμες, συνάγεται από τα δεδομένα πωλήσεων και αποθεμάτων (Blinder 1981, Cachón,2007). Ο ορισμός αυτός ουσιαστικά συλλαμβάνει την παραμόρφωση του της ροής υλικού που πηγαίνει προς τα κάτω. Οι μετρήσεις bullwhip βασίζονται σε αυτούς τους δύο ορισμούς και αποτελούν συνήθως μια καλή προσέγγιση μεταξύ τους (καθώς η ροή υλικού λίγο ή πολύ ακολουθεί την ροή πληροφοριών), αλλά διαφέρουν ως προς την έννοια. Ο ορισμός που βασίζεται σε πληροφορίες έχει μία άμεση σύνδεση με την τροφοδοτική αλυσίδα επειδή η “προς τα πάνω” απόφαση απογραφής καθοδηγείται από την προς τα κάτω πληροφορία παραγγελιών. Ως εκ τούτου, το βασιζόμενο σε πληροφορίες bullwhip αποτέλεσμα είναι ένας παράγοντας κόστους. Αντίθετα, η πληροφόρηση των παραγγελιών αποτελεί την εκροή της “προς τα πάνω” διαδικασίας εκτέλεσης παραγγελιών και όχι μια εισροή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Έτσι το, βασιζόμενο στην ροή του υλικού, αποτέλεσμα bullwhip είναι η συνέπεια του bullwhip αποτελέσματος με βάση την πληροφορία. Επιπλέον, στον πρώτο ορισμό του φαινομένου , η επίδραση bullwhip είναι αποτέλεσμα αυτού που λαμβάνει τις αποφάσεις. Αυτός ο λήπτης αποφάσεων παρατηρεί την ζήτηση και έπειτα λαμβάνει τις αποφάσεις του βάσει ποικίλων δομικών και οικονομικών παραγόντων. Στον δεύτερο ορισμό ωστόσο, υπάρχουν τρεις επιδράσεις που συμμετέχουν στην απόφαση. Αρχικά, τα στοιχεία για τις πωλήσεις καθορίζονται από την

πραγματική ζήτηση και την απογραφή στο χέρι, όπου η τελευταία είναι αποτέλεσμα των αποφάσεων απογραφής που έγιναν σε προηγούμενες περιόδους. Δεύτερον, όπως και στον πρώτο ορισμό, η μονάδα λαμβάνει αποφάσεις παραγγελιών σύμφωνα με τις ισχύουσες διαρθρωτικές και οικονομικές συνθήκες. Τρίτον, οι πραγματικές αποδείξεις παραγγελιών από τον προμηθευτή είναι το αποτέλεσμα των προηγούμενων αποφάσεων του προμηθευτή όπου οι πραγματοποιημένες παραγγελίες μπορεί να μην είναι ίσες με τις παραγγελίες λόγω π.χ μεταφορικών περιορισμών ή πτώση της παραγωγής. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, ο πρώτος ορισμός είναι πιο ιδανικός για τις θεωρητικές αναλύσεις σε αντίθεση με τον δεύτερο όρισμό ο οποίος ενδείκνυται για εμπειρικές έρευνες. (Li, Lee, 2012)

2.4.2 Σκοπός της μέτρησης

Ο Ποσοτικός προσδιορισμός της επίπτωσης bullwhip και η διερεύνηση της συμπεριφοράς της χρειάζονται για τις προσπάθειες που γίνονται για τον μετριασμό του αποτελέσματος bullwhip στις αλυσίδες εφοδιασμού. Τα ευρήματα των παρακάτω ερευνών αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη πιο ρεαλιστικών μοντέλων που θα μπορούν να συλλάβουν την πολυπλοκότητα των πραγματικών αλυσίδων εφοδιασμού, π.χ. πολλαπλή αλυσίδα εφοδιασμού με εμπόρους και προμηθευτές. Επίσης, μπορεί να χρειαστεί να γίνει έρευνα για την επίδραση bullwhip σε μια αλυσίδα εφοδιασμού με τις διαδικασίες της ζήτησης ανώτερης τάξης, αν και θα ήταν πολύ δύσκολο να διερευνηθούν οι bullwhip συμπεριφορές αναλυτικά.

2.4.3 Θεωρητικές Αναλύσεις

Ο Kahn (1987) έδειξε ότι η γραμμικά αυτοσυσχετιζόμενη ζήτηση καταλήγει σε αποτέλεσμα Bullwhip. Οι Lee, Padmanabhan, & Whang (1997) χρησιμοποίησαν την ίδια υπόθεση ζήτησης κατά την οποία οι παραγγελίες, D_t εξαρτώνται από τις παραγγελίες του προηγούμενου χρονικού διαστήματος, D_{t-1} , όπως:

$$D_t = \rho D_{t-1} + d + u_t \quad (1)$$

όπου ρ και d είναι σταθερές, έτσι ώστε $d > 0$ και $-1 < \rho < 1$ και u_t είναι κανονικά κατανοημένα σφάλματα με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση σ^2 (Αρνητική ζήτηση είναι απίθανη όταν $\sigma \ll d$)
Μια προσέγγιση ελαχιστοποίησης του κόστους έδειξε ότι η στρέβλωση της ζήτησης προκύπτει όταν οι λιανοπωλητές βελτιστοποιούν τις παραγγελίες τους, και η διακύμανση αυξάνεται καθώς αυξάνονται και οι χρόνοι (lead times) αναπλήρωσης (Roger Warburton, 2004)

Ο λιανοπωλητής της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι έμποροι λιανικής πώλησης επιχειρούν να ελαχιστοποιήσουν τα αποθέματά τους διατηρώντας όμως επαρκή ποσότητα αυτών προκειμένου να είναι σε ετοιμότητα για να προφυλαχθούν από τις διακυμάνσεις της ζήτησης. Η πρόκληση είναι να διεκπεραιωθεί η διαδικασία παραγγελίας με απλές και εύρωστες πολιτικές που επιτυγχάνουν τη βέλτιστη αναπλήρωση των αποθεμάτων. Τα αποθέματα $I(t)$ εξαντλούνται από το ρυθμό της ζήτησης, $D(t)$ και αυξάνονται κατά το ποσοστό που λαμβάνονται το $R(t)$ έτσι ώστε η εξίσωση αποθεμάτων ισορροπίας να είναι η εξής:

$$\frac{dI}{dt} = R(t) - D(t) \quad (2)$$

Αρχικά ($t=0$), τότε τα αποθέματα παίρνουν την τιμή I_0 , η οποία μπορεί να είναι διαφορετική από την επιθυμητή τιμή του, I_D .

Καθώς η ζήτηση των καταναλωτών εξαντλεί τα αποθέματα του λιανοπωλητή, οι παραγγελίες αναπλήρωση που στέλνονται στον κατασκευαστή γίνονται για να επαναφέρουν τα αποθέματα στην επιθυμητή ποσότητα. Μια τυπική πολιτική παραγγελίας είναι να αυτή που γίνεται ανάλογα με το έλλειμμα των αποθεμάτων:

$$Q(t) = \frac{I_D - I(t)}{T}, \text{ για } I(t) < I_D \text{ και } (3\alpha)$$

$$Q(t) = 0 \text{ διαφορετικά} \quad (3\beta)$$

Ο Forrester (1961) πρότεινε αρχικά την πολιτική της (3α) και αναφέρεται στην ποσότητα, T , ως «προσαρμοσμένος χρόνος». "Αυτή η πολιτική έχει μελετηθεί εκτενώς, και τόσο οι αναλύσεις προσομοίωσης όσο και οι αναλύσεις βάσει της θεωρίας ελεγχου δείχνουν ότι η προσπάθεια ανάκτησης του συνολικού ελλείμματος σε ένα χρονικό διάστημα είναι λανθασμένη πρακτική, δηλαδή, θέτοντας $T=1$ (Disney, Naim, Towill 2000). Η εξίσωση (3β) προσθέτει το ρεαλιστικό περιορισμό στην οποία οι λιανοπωλητές και οι κατασκευαστές σταματούν τις παραγγελίες όταν τα αποθέματά τους υπερβαίνουν την επιθυμητή ποσότητα. Χρησιμοποιώντας την (3α) στην περίπτωση όπου τα αποθέματα υπερέβαιναν την επιθυμητή ποσότητα θα είχαμε αρνητικές παραγγελίες π.χ. επιστρεφόμενα εμπορεύματα. Με την πρόσθεση της (3β) γίνεται κάπως πιο ρεαλιστική προσέγγιση από τις προηγούμενες οι οποίες υποστηρίζουν ότι τα αποθέματά τους μπορεί να επιστραφούν χωρίς κάποιο κόστος (Lee, Padmanabhan, Whang, 1997b; Disney Towill 2002C). Λόγω της κατασκευής

και των χρόνων μεταφοράς (shipping times) υπάρχει μια καθυστέρηση στην αναπλήρωση. Οι παραλαβές του λιανοπωλητή από τον κατασκευαστή αποτελούν τις παραγγελίες του λιανοπωλητή, απλά καθυστερημένες από τον χρόνο αναπλήρωσης τ ο οποίος θεωρείται σταθερός:

$$R(t) = O(t - \tau) \quad (4)$$

Αν ο κατασκευαστής διατηρεί αποθέματα, ο χρόνος αναπλήρωσης που απαιτείται θα είναι πολύ μικρότερος από ό, τι αν τα αγαθά γίνονταν κατά παραγγελία. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, ο κατασκευαστής, και όχι ο λιανοπωλητής, είναι αυτός που καθορίζει τον χρόνο αναπλήρωσης των αποθεμάτων. Ο χρόνος προσαρμογής, T , επιτρέπει στον λιανοπωλητή να συντονίσει την αναλογία των παραγγελιών και αφού το T μπορεί να ρυθμιστεί πιο εύκολα και γρήγορα από ό, τι το τ είναι λογικό να θεωρούμε το τ σταθερό.

Αντικαθιστώντας την πολιτική παραγγελιών στην (2) και τον χρόνο καθυστέρησης στην (4) προκύπτει:

$$\frac{dI}{dt} + \frac{I(t - \tau)}{T} = \frac{I_D}{T} - d \quad (5)$$

Εξαιτίας του χρόνου καθυστέρησης, κανένα εμπόρευμα δεν λαμβάνεται όσο $t \leq \tau$ και η (5) γίνεται:

$$\frac{dI}{dt} = -d \Rightarrow I(t) = I_0 - dt \quad (6)$$

$$Q(t) = (I_D - I_0) / T + td / T \quad (7)$$

Καθώς το απόθεμα είναι λιγότερο από την επιθυμητή ποσότητα η αναλογία παραγγελιών (3a) ισχύει για $t \leq \tau$.

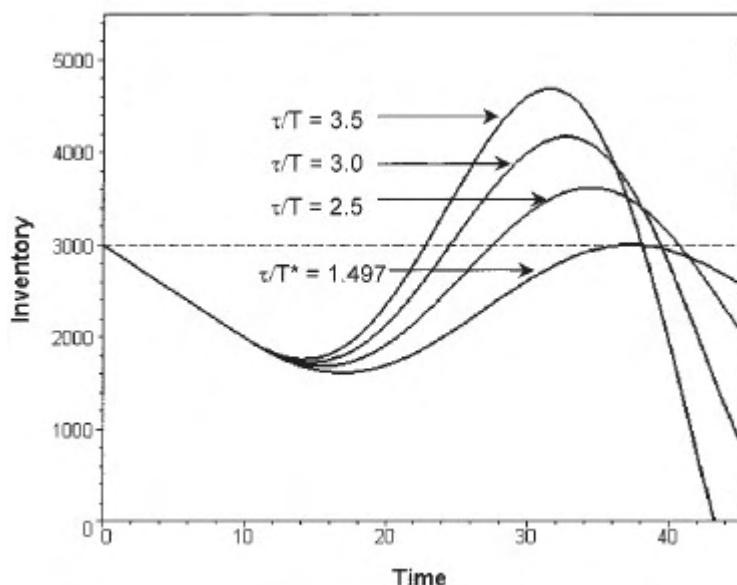
Το ποσοστό παραγγελιών έχει δύο εισφορές: ο ένας όρος προσπαθεί να καλύψει το αρχικό έλλειμμα αποθεμάτων και ο άλλος να καλύψει την ζήτηση.

Κύκλοι Αποθεμάτων

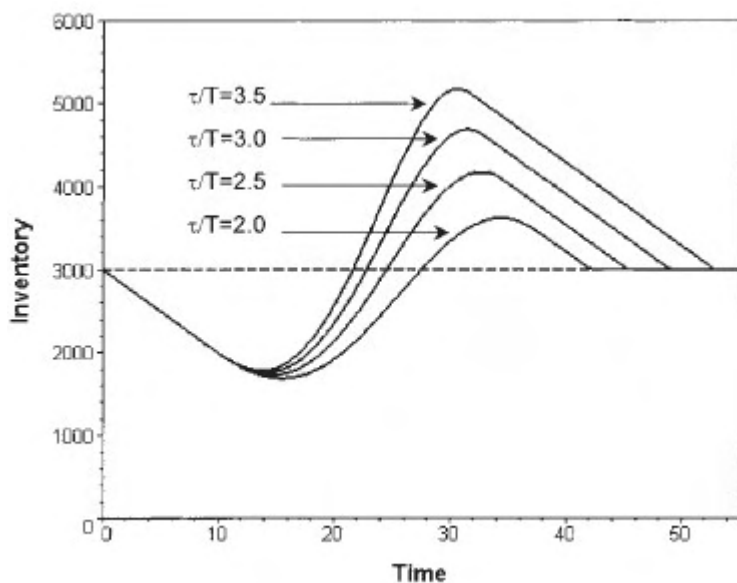
Οι Roger & Warburton, (2004) εστίασαν την προσοχή τους στους πραγματικούς περιορισμούς όταν οι παραγγελίες που πρέπει να πάνε στο μηδέν, όταν τα αποθέματα υπερβαίνουν την επιθυμητή τιμή, (3b). Ο χρόνος κατά τον οποίο τα αποθέματα επιστρέφουν στην επιθυμητή τιμή I_D ορίζεται ως T_D και σε αυτόν τον χρόνο η αναλογία παραγγελιών πάει στο 0. Βέβαια συνεχίζουν να καταφθάνουν στο σύστημα στοιχεία καθώς υπάρχουν ακόμα παραγγελίες στην τροφοδοτική αλυσίδα. Τα αποθέματα υπερβαίνουν οπότε χρειάζεται περισσότερος χρόνος τ που είναι ο χρόνος αναπλήρωσης μέχρι να αδειάσει τελείως ο αγωγός (pipeline). Όταν $t = T_D + \tau$ παραμένει μόνο η συνεχής καταναλωτική ζήτηση και εφαρμόζεται πάλι η εξίσωση (6). Όταν τα αποθέματα

επιστρέψουν στο επιθυμητό επίπεδο τότε ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Η διαφορά στα σχήματα 1 και 2 υφίσταται εξαιτίας της παύσης των παραγγελιών όταν τα αποθέματα είναι στο επιθυμητό επίπεδο.

Σχήμα 1: δείχνει διάφορες λύσεις και επιβεβαιώνει ότι η απόκλιση της απόκρισης αποθεμάτων είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στο $\frac{\tau}{T}$, που υποδηλώνει μια σχέση με το Bullwhip αποτέλεσμα



Σχήμα 2: Η επίδραση των πραγματικών περιορισμών στην οποία οι παραγγελίες πηγαίνουν στο μηδέν, όταν τα αποθέματα φθάσουν στην επιθυμητή τιμή τους: (3β)



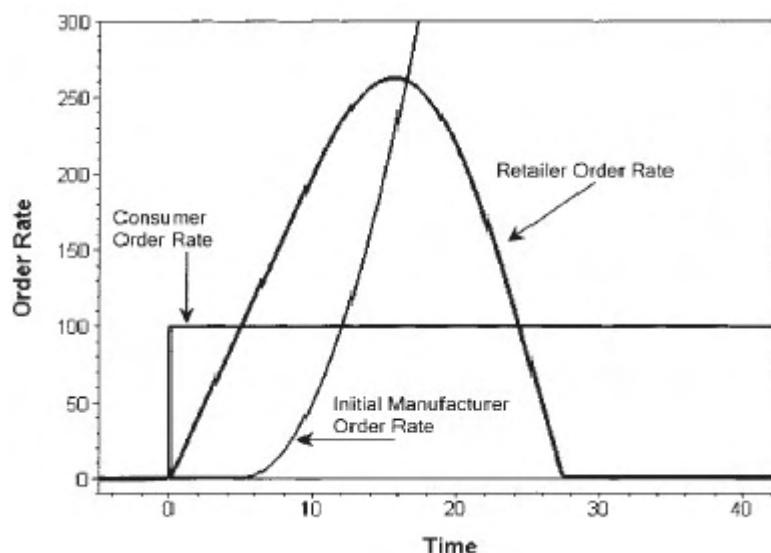
Ένα μέτρο του Bullwhip Effect είναι ο λόγος της εκροής του ρυθμού παραγγελιών (οι παραγγελίες

λιανικής πώλησης από τον παραγωγό) προς την εισροή του ρυθμού παραγγελιών (η καταναλωτική ζήτηση). Ο ρυθμός λιανικών παραγγελιών σκαρφαλώνει σε μια κορυφή, η οποία εμφανίζεται αμέσως μετά και έτσι αυτή είναι η κατάλληλη στιγμή κατά την οποία μπορούν να συγκριθούν οι ρυθμοί:

$$BW^R = \frac{O(\tau)}{d} = \frac{I_D - I(\tau)}{T_d} = \frac{\tau}{T} \quad (8)$$

Ο εκθέτης, R , υποδεικνύει ότι αυτή η ενίσχυση των παραγγελιών οφείλεται στην πολιτική παραγγελιών του λιανοπωλητή. Η Bullwhip επίδραση συνήθως ορίζεται με βάση τη στιγμιαία διακύμανση των παραγγελιών, και η (8) αντανακλά αυτή την επίδραση στη χρήση των ρυθμών παραγγελιών. Επίσης υποδηλώνει ότι η αύξηση της τιμής του T μπορεί να μειώσει το Bullwhip Effect. Ο ορισμός του (8) αντιπροσωπεύει μόνο τις παραγγελίες στα πρώτα στάδια του κύκλου των αποθεμάτων, και δεν αντιπροσωπεύει την υπέρβαση απογραφής. Το Σχήμα 4 δείχνει τις παραγγελίες του λιανοπωλητή ως μια άνοδο που ακολουθείται από την πτώση και όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική καθυστέρηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η άνοδος και τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση. Αυτό υποδηλώνει μια διαφορετική βαθμονόμηση του Bullwhip αποτελέσματος: μέτρηση της αύξηση των διακυμάνσεων των αποθεμάτων, παρά των διακυμάνσεων παραγγελιών.

Σχήμα 3: Bullwhip effect: Η ενίσχυση του ρυθμού παραγγελιών από τον καταναλωτή στον λιανοπωλητή και στον κατασκευαστή



Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2, μπορεί κανείς να συγκρίνει την κορυφή στα αποθέματα (υπέρβαση) με τον πυθμένα της παρακμής (αποτίναξης). Η αποτίναξη ορίζεται ως η μείωση κατά το χρόνο αναπλήρωσης, όταν τα αποθέματα μειώνονται κάτω από την ποσότητα d_τ

Ως εκ τούτου,

$$BW^R = \frac{I^* - I^D}{d_\tau} \quad (9)$$

Αυτό το μέτρο του Bullwhip Effect έχει έναν διαφορετική χαρακτήρα από ότι στο (8) επειδή η συμπεριφορά της υπέρβασης ($I^* - I^D$) είναι διαφορετική από εκείνη των παραγγελιών. Για παράδειγμα, στο κρίσιμο σημείο T^* , η υπέρβαση ρυθμίζεται ώστε να είναι μηδέν, ($I^* = I^D$) και έτσι $BW^R = 0$. Δηλαδή, εάν το Bullwhip στα αποθέματα ρυθμίζεται στο μηδέν, το Bullwhip των παραγγελιών μπορεί να παραμείνει. Εάν είναι πιο σημαντική η αναπλήρωση των αποθεμάτων από ό,τι η ελαχιστοποίηση των διακυμάνσεων παραγγελιών, τότε η (9) θεωρείται ένα καλύτερο μέτρο του αντίκτυπου των διακυμάνσεων της ζήτησης. Οι Bullwhip αναλύσεις συνήθως επικεντρώνονται στη διακύμανση των παραγγελιών, και ενώ υπάρχει σαφώς ένα όφελος κόστους για μείωση του φαινομένου, άλλες επιπτώσεις όπως η αναπλήρωση των αποθεμάτων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Για παράδειγμα, τα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών θα εξαρτηθούν από την ικανότητα αναπλήρωσης των αποθεμάτων. Οι Fransoo & Wouters (2000) προειδοποίησαν ότι υπάρχουν πολλά τρόπους για τη μέτρηση της Bullwhip Effect, ένα επιχείρημα ενισχύεται από το παραπάνω γεγονός. Ο κατασκευαστής θα προσθέσει μία ακόμη συμβολή στο Bullwhip αποτέλεσμα, το οποίο αναλύεται παρακάτω.

Ο Κατασκευαστής της εφοδιαστικής αλυσίδας

. Η εξίσωση για την αλλαγή στα αποθέματα του κατασκευαστή είναι παρόμοια με εκείνη του Λιανοπωλητή:

$$\frac{dI^M}{dt} = R^M(t) - S^M(t) \quad (10)$$

Το R^M αντιπροσωπεύει το ποσοστό των παραγγελιών που λαμβάνει, οι οποίες μπορεί να είναι είτε από έναν «από πάνω» προμηθευτή, ή από τη δικιά του, εσωτερική παραγωγή. Η μείωση S^M αντιπροσωπεύει το κόστος της αποστολής για το λιανοπωλητή. Υποθέτουμε ότι, πριν ο λιανοπωλητής ξεκινά την παραγγελία, τα αποθέματα του κατασκευαστή είναι στην επιθυμητή τιμή. Το ποσοστό που λαμβάνει από τον «από πάνω» προμηθευτή θα εξαρτηθεί από τις αποφάσεις που εκδίδονται από τον κατασκευαστή και τη σχετική καθυστέρηση αναπλήρωσης. Τα αποθέματα του

κατασκευαστή μειώνονται καθώς τα στοιχεία αποστέλλεται στον λιανοπωλητή, και αυτές οι αποστολές είναι ίσες με τις παραγγελίες που έλαβε από τον λιανοπωλητή. Θα υπάρξει

μια καθυστέρηση στη αποστολή, η οποία αναφέρεται ως η χρονική στιγμή του κατασκευαστή τ^M . Οι αποστολές που αρχίζουν αντανakλούν τις παραγγελίες που έχει λάβει κατά το χρόνο $t - \tau^M$:

$$S^M(t) = O^R(t - \tau^M) \quad (11)$$

Οι παραγγελίες του κατασκευαστή εκφράζονται ως:

$$O^M(t) = \frac{I_D^M - I^M(t)}{T^M} \quad (12\alpha)$$

αλλιώς:

$$O^M(t) = 0 \quad (12\beta)$$

Υποθέτοντας ότι τα αποθέματα του λιανοπωλητή ξεκινούν στο επιθυμητό επίπεδο ($I^D = I_0$) και συμπεριλαμβάνοντας τη χρονική καθυστέρηση του κατασκευαστή, η εξίσωση των αποθεμάτων του κατασκευαστή δίνεται ως:

$$dI^M / dt = -S^M(t) = -O^R(t - \tau^M) = -d(t - \tau^M) / T \quad (13)$$

Η οποία έχει τη λύση:

$$I(t) = I_0^M - d(t - \tau^M) / 2T \quad (14)$$

Η λύση αυτή ισχύει μέχρις ότου οι αποστολές αρχίσουν να καταφθάνουν από τον προμηθευτή.

. Η εξίσωση (14) περιγράφει την αρχική αντίδραση των αποθεμάτων του κατασκευαστή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Μπορεί να φανεί ότι, μετά από καθυστέρηση, το ποσοστό παραγγελιών του κατασκευαστή αυξάνεται ακόμη πιο γρήγορα από ό, τι του λιανοπωλητή.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (14) προκύπτει ο ρυθμός παραγγελιών του κατασκευαστή στον προμηθευτή:

$$O^M(t) = \frac{d(t - \tau^M)^2}{T^M T} \quad (15)$$

Το Bullwhip αποτέλεσμα που προκαλείται από τον κατασκευαστή μπορεί να μετρηθεί ως ο λόγος του ρυθμού παραγγελιών του προμηθευτή (εκροή από τον κατασκευαστή) προς το ρυθμό παραγγελιών του λιανοπωλητή (εισροή στον κατασκευαστή).

Χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι οι παραγγελίες κορυφώνονται όταν

τα στοιχεία του προμηθευτή αρχίσουν να καταφθάνουν, $t = \tau^S + \tau^M$:

$$BW^M = \frac{(\tau^S)^2}{2\tau^M} \quad (16)$$

Η εξίσωση (16) μετρά την ενίσχυση στις παραγγελίες που οφείλονται αποκλειστικά στον κατασκευαστή. Οι παραγγελίες εισροή για τον κατασκευαστή είναι οι παραγγελίες εκροή από τον από τον λιανοπωλητή οι οποίες αποτελούν μια ενισχυμένη εκδοχή της ζήτησης των καταναλωτών. Ως εκ τούτου, η συνολική Bullwhip επίδραση από τους καταναλωτές στον προμηθευτή είναι ο συνδυασμός:

$$BW^{C \rightarrow S} = \frac{d(\tau^S)^2 / 2TT^M}{d} = BW^R BW^M \quad (17)$$

Η οποία εξίσωση μαρτυρά την πολλαπλασιαστική φύση του Bullwhip αποτελέσματος.
(Roger & Warburton, 2004)

Κεφάλαιο 3

Η συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην εξάλειψη του BWE

3.1 Η ανταλλαγή πληροφοριών ως αντίμετρο του BWE

Η ανταλλαγή πληροφοριών θεωρείται, ότι είναι μία από τις πιο βασικές προσεγγίσεις για την εξομάλυνση του BWE. Η παρακολούθηση του αποθέματος, της ζήτησης και προσφοράς στην αλυσίδα εφοδιασμού βρίσκεται στην πρώτη γραμμή πρωτοβουλιών τα τελευταία χρόνια, και στις νέες τεχνολογίες πληροφοριών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την προώθηση αυτής της χρήσης. Το Wal-Mart είναι το πιο γνωστό σύστημα αυτού του είδους, το οποίο παρέχει τους προμηθευτές, με δεδομένα ζήτησης (Li, Lin, 2006).

3.2 Ανασκόπηση μελετών

Ο Forrester (1961), είχε ορίσει μια απλουστευμένη μορφή εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ αποθεμάτων και παραγγελιών. Σε αυτή την μελέτη του, αποδεικνύεται πως οι θεμελιώδεις εξισώσεις καθυστέρησης, οι οποίες περιγράφουν την αντίδραση των αποθεμάτων στην απότομη αύξηση της καταναλωτικής ζήτησης, μπορούν να λυθούν ακριβώς. Ο Forrester εισήγαγε πρώτος την προσέγγιση της προσομοίωσης και τόνισε τη σημασία της ενσωμάτωσης των πληροφοριών στη ροή των υλικών. Έκτοτε προσομοιώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε αναλύσεις των αλυσίδων εφοδιασμού (Berry, Towill, 1995; Disney, Towill 2002, 2002)

. Οι Lee, Padmanabhan & Whang (1997), έδειξαν πώς οι κοινόχρηστες πληροφορίες μπορεί να βελτιώσουν τις αποφάσεις παραγγελίας των προμηθευτών με αποτέλεσμα τη μείωση των αποθεμάτων και την εξοικονόμηση κόστους. Μελετούν συγκεκριμένα την επίδραση των καθυστερήσεων και την υποκείμενη διεργασία ζήτησης στην ενίσχυση της μεταβλητότητας. Αναφέρουν, ότι η ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να μειώσει το κόστος της αλυσίδας κατά περίπου 23% κατά μέσο όρο. Οι τρεις από τις τέσσερις αιτίες του Bullwhip αποτελέσματος μπορούν να μετριασθούν μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών σε διάφορα επίπεδα όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Η εξομάλυνση των επιδράσεων των αιτιών του BWE μέσω της πολύπλευρης ανταλλαγής πληροφοριών

Αιτίες bullwhip effect	Ανταλλαγή πληροφοριών
Ενημέρωση πρόβλεψης της ζήτησης	<ul style="list-style-type: none"> • χρήση δεδομένων πωλήσεων (POS) • Ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων (EDI) • Παραγγελίες μέσω υπολογιστή (CAO)
Στοίβαγμα παραγγελιών	<ul style="list-style-type: none"> • EDI • Διαδικτυακές παραγγελίες
Παιχνίδι της κατανομής	<ul style="list-style-type: none"> • ανταλλαγή πωλήσεων • ανταλλαγή δεδομένων αποθεμάτων

(Lee, Padmanabhan, Whang, 1997)

Οι Cachón & Fisher (1998), δείχνουν αναλυτικά πώς η ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να μειώσει τις αβεβαιότητες που αντιμετωπίζει η ζήτηση από τον κατασκευαστή, οδηγώντας σε καλύτερες αναπληρώσεις στον προμηθευτή και σε καλύτερη κατανομή των λιανοπωλητών.

Παρομοίως ο Yu (2001) επισημαίνει ότι οι αρνητικές επιπτώσεις του αποτελέσματος bullwhip στην τροφοδοτική αλυσίδα μπορεί να μειωθούν ή να εξαλειφθούν με την ανταλλαγή πληροφοριών με τους εμπορικούς εταίρους.

Οι Gavirneni (μελέτησαν τα οφέλη των παραμέτρων πολιτικής τάξης επιμερισμού του λιανοπωλητή και των δεδομένων σε επίπεδο αποθεμάτων. Ο Chen & Simchi-Levi (2000), δείχνουν, ότι η συγκέντρωση πληροφοριών ζήτησης των πελατών μπορεί να μειώσει σημαντικά το αποτέλεσμα bullwhip, αλλά δεν μπορεί να το εξαλείψει. Οι Croson & Donohue (2003), μέσα από πειράματα που

διεξάγουν με γνωστή την κατανομή της ζήτησης, έδειξαν πώς η κοινή χρήση δεδομένων POS και η ανταλλαγή πληροφοριών αποθεμάτων μπορούν να βοηθήσουν στην εξομάλυνση του BWE. Ο Chatfield (2004), μελέτησαν τις επιπτώσεις ανταλλαγής διαφορετικών ειδών πληροφοριών μεταξύ των εταιριών στην αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων της ζήτησης, του χρόνου παράδοσης και των προβλέψεων. Οι Simchi-Levi & Zhao δείχνουν, πώς η ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να μειώσει το σφάλμα πρόβλεψης. Οι Disney και Towill μελέτησαν της επίδρασης της διαχείρισης αποθεμάτων του πωλητή vendor managed inventory (VMI), ως εναλλακτικό τρόπο εξομάλυνσης του BWE και δείχνουν ότι η VMI μπορεί να εξαλείψει διακυμάνσεις που προκαλούν τα δελτία παραγγελίας, οι παρτίδες παραγγελίας και η τιμολόγηση. Ο Chen (2000), παρατήρησαν, ότι μια από τις κύριες αιτίες του αποτελέσματος bullwhip είναι το σφάλμα πρόβλεψης, το οποίο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών στις πωλήσεις, ότι η κοινοχρησία δεδομένων POS και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των παραγόντων μπορούν να μειώσουν το BE. Στην υπολογιστική τους εκδοχή του παιχνιδιού μύρας, οι Kaminsky & Simchi-Levi, καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι μικρότεροι χρόνοι παράδοσης μπορούν να μειώσουν το κόστος σε όλη την αλυσίδα. Οι Gupta ,κατέληξε στο ίδιο συμπέρασμα μέσω του πειράματός τους, παρατηρώντας επιπλέον, ότι η POS ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των παικτών μπορεί να μειώσει περαιτέρω το κόστος. Άλλες μορφές ανταλλαγής πληροφοριών περιλαμβάνουν δεδομένα αποθεμάτων και πληροφοριών για την πολιτική αναπλήρωσης.

3.3 Ανταλλαγή πληροφοριών στα αποθέματα

Η ανταλλαγή πληροφοριών για τα επίπεδα αποθεμάτων, έχει αναφερθεί ως πιθανό αντίμετρο προς το αποτέλεσμα bullwhip. Από την πλευρά της λειτουργικότητας, οι πληροφορίες αποθεμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση των προβλέψεων ζήτησης και να μειωθεί έτσι η επίδραση των λαθών σηματοδότησης ζήτησης και των καθυστερήσεων. Πράγματι, οι πληροφορίες αυτές μπορούν ακόμη να είναι χρήσιμες για την αλυσίδα εφοδιασμού, όταν η κατανομή της ζήτησης είναι γνωστή σε όλα τα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού και κάθε μέλος λαμβάνει αποφάσεις παραγγελιών που αφορούν OUT(order-up to level) πολιτική. Για παράδειγμα, η αναλυτική έρευνα για τη διαχείριση των αποθεμάτων στις αλυσίδες εφοδιασμού δύο επιπέδων με ένα μόνο προμηθευτή και ένα ή περισσότερους λιανοπωλητές (Bourland,1996;Lee, Padmanabhan,Whang,1997;Cachón,Fisher,2000;Gavirneni.,1999) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο καταμερισμός πληροφοριών αποθεμάτων μπορεί να βελτιώσει την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, με το πιο πάνω μέλος (δηλαδή, τον προμηθευτή) να απολαμβάνει τα περισσότερα από τα οφέλη. Σε αυτά τα αναλυτικά μοντέλα, οι πληροφορίες αποθεμάτων παρέχουν στον προμηθευτή μια πιο έγκαιρη και λιγότερο παραμορφωμένη σηματοδότηση ζήτησης. Τα σήματα αυτά στη συνέχεια λαμβάνονται υπόψη από τον προμηθευτή προκειμένου να λάβει αποφάσεις παραγγελιών, με αποτέλεσμα την μείωση των αποθεμάτων ασφαλείας ή και ακόμα υψηλότερα επίπεδα υπηρεσιών σε σύγκριση με τις περιπτώσεις όπου δεν ανταλλάσσονται πληροφορίες αποθεμάτων. Αυτή η βελτίωση σε επίπεδο προμηθευτών μεταφράζεται επίσης σε μικρότερη ανάγκη για τη δημιουργία αποθεμάτων ασφαλείας στο λιανικό δίκτυο, αν και οι εξοικονομήσεις αποθεμάτων για το λιανοπωλητή αποδεικνύεται στις περισσότερες περιπτώσεις να είναι μικρότερες από εκείνες του προμηθευτή. Στις πολυεπίπεδες αλυσίδες εφοδιασμού (multi echelon), οι πληροφορίες αποθεμάτων επιτρέπουν επίσης στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας τη διαχείριση των παραγγελιών με βάση το επίπεδο αποθεμάτων και όχι με βάση την ποσότητα παραγγελίας εκ μέρους κάποιου άμεσου πελάτη, γεγονός που οδηγεί σε καλύτερη απόδοση (Chen,1998). Αυτή η προηγούμενη έρευνα ρίχνει φως στο πώς η πρόσβαση στις πληροφορίες αποθεμάτων βελτιώνει τους επιχειρησιακούς παράγοντες που οδηγούν στην καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων.

Από την πλευρά της συμπεριφοράς, οι πληροφορίες αποθεμάτων μπορεί επίσης να επηρεάζουν τη συμπεριφορά και, ως εκ τούτου, την αύξηση της εμπιστοσύνης (ή τουλάχιστον κατανόησης) σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Σε μία πειραματική ρύθμιση με βάση το δημοφιλές παιχνίδι διανομής μπίρας, οι Croson & Donohue (2004) έδειξαν ότι, ναι μεν υφίσταται μείωση των ταλαντώσεων των

παραγγελιών, ωστόσο οι ανθρώπινοι ιθύνοντες σε μια, τεσσάρων επιπέδων, σειριακή εφοδιαστική αλυσίδα συνέχισαν να παρουσιάζουν bullwhip συμπεριφορά στα πρότυπα παραγγελία τους, ακόμη και όταν όλα τα λειτουργικά αίτια του bullwhip αφαιρέθηκαν. Κατ'επέκταση το αποτέλεσμα bullwhip δεν είναι αποκλειστικά αποτέλεσμα των λειτουργικών επιπλοκών όπως η εποχικότητα ή απρόβλεπτη εξέλιξη της ζήτησης καθώς η επίδραση παραμένει ακόμη και σύμφωνα με το σενάριο της βέλτιστης ζήτησης, όταν η κατανομή της ζήτησης είναι στάσιμη και ευρέως κατανοητή. Τα αποτελέσματά της έρευνας των Croson και Donohue (2005) επιβεβαιώνουν ότι η πρόσβαση στην «προς τα κάτω» πληροφόρηση αποθεμάτων μειώνει σημαντικά την ταλάντωση των παραγγελιών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού ενώ σημαντικότερη βελτίωση υφίσταται στα «προς τα πάνω» επίπεδα (δηλαδή, το επίπεδο του διανομέα και του κατασκευαστή). Από την άλλη πλευρά, η πρόσβαση σε πληροφορίες αποθεμάτων του «προς τα πάνω» επιπέδου, δεν παρέχει σημαντική βελτίωση στις ταλαντώσεις παραγγελιών τόσο ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδα όσο και για οποιοδήποτε συγκεκριμένο μέλος.

3.4 Ανταλλαγή πληροφοριών στη ζήτηση

Οι Cachón και Fisher (2000) και ο Lee, Padmanabhan & Whang (1997) ανέλυσαν τα πλεονεκτήματα της ανταλλαγής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη ζήτηση και τα επίπεδα αποθεμάτων μεταξύ προμηθευτών και πελατών: Συγκεκριμένα οι Cachón και Fisher εστίασαν την προσοχή τους στο στοίβαγμα παραγγελιών ενώ οι Lee, Padmanabhan & Whang, (1997) βασίστηκαν στην αυτο-συσχέτιση της ζήτησης σε βάθος χρόνου. Και στις δύο έρευνες, οι συγγραφείς δείχνουν ότι οι προμηθευτές μπορούν να μειώσουν το κόστος των αποθεμάτων, εφόσον εκμεταλλευτούν τις πληροφορίες από τους πελάτες τους. .

3.5 Ανταλλαγή πληροφοριών στις προβλέψεις

Έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ότι υπάρχουν πέντε κύριες αιτίες για το φαινόμενο του bullwhip, δηλαδή, η πρόβλεψη, ο μη-μηδενικός χρόνος παραγγελίας, οι παρτίδες παραγγελίας, οι ελλείψεις της προσφοράς, και οι διακυμάνσεις των τιμών. Μεταξύ των αιτιών του bullwhip αποτελέσματος η μέθοδος πρόβλεψης μπορεί να είναι το βασικό ζήτημα, το οποίο πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά, ώστε να ανακουφίσει τη βλαβερή επίδραση του bullwhip στις αλυσίδες εφοδιασμού. Τα αποτελέσματα των απλών τεχνικών πρόβλεψης όπως οι απλές προβλέψεις, ο κινητός μέσος όρος ή

εκθετική εξομάλυνση στις αλυσίδες εφοδιασμού με αυτοπαλίνδρομα μοντέλα ζήτησης έχουν εξεταστεί από αρκετούς ερευνητές. . Ο Chen (2000), παρέχει κάποιες διαχειριστικές γνώσεις σχετικά με τις επιπτώσεις των τεχνικών πρόβλεψης σχετικά με τη μεταβλητότητα παραγγελίας. Επιπλέον, οι Chen (2000) έδειξαν, ότι τεχνικές στην εκθετική εξομάλυνση οδηγούν σε υψηλότερο αποτέλεσμα bullwhip από τον κινούμενο μέσο όρο και παρέχουν ένα πρότυπο για τη μέτρηση της εξομάλυνσης της διακύμανσης της παραγγελίας μέσω της αλυσίδας.

Στη συνέχεια οι Lee, Padmanabhan, & Whang, (1997) και οι Chen (2000), ανέπτυξαν την προσέγγιση bullwhip, προσπαθώντας να μελετήσουν την επίδραση του χρόνου παράδοσης στο αποτέλεσμα bullwhip. Πρώτον, μελέτησαν την επίδραση του συνδυασμού παραγόντων εξομάλυνσης και ασφάλειας και του ποσοστού αναπλήρωσης του προϊόντος. Επιπλέον, μελέτησαν την επίδραση που ο χρόνος έχει στο απόθεμα ασφαλείας αντίστοιχα με το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος.

Οι εταιρείες συναντούν κάποια σοβαρά διλήμματα κατά τον σχεδιασμό πολιτικών αναπλήρωσής τους. Αυτά αφορούν κυρίως τη σωστή τεχνική πρόβλεψη και την εξομάλυνση των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για τη ζήτηση των προϊόντων τους, τις κατάλληλες προθεσμίες για την αλυσίδα εφοδιασμού τους καθώς και το σωστό επίπεδο ασφαλείας των αποθεμάτων, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στη ζήτηση. Η σωστή επιλογή σε αυτά τα διλήμματα είναι ζωτικής σημασίας για την κερδοφορία της αλυσίδας εφοδιασμού τους.

Ο σχεδιασμός πολιτικής αναπλήρωσης αποτελεί βασική δραστηριότητα στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία επηρεάζεται από πάρα πολλές συνιστώσες. Πρώτον, θα πρέπει να επιλεγεί η σωστή τεχνική πρόβλεψης για τα προϊόντα και τα καλύτερα στοιχεία εξομάλυνσης και ασφαλείας που θα οδηγήσουν σε αποτελεσματική πρόβλεψη. Δεύτερον, η εταιρεία πρέπει να αποφασίσει σχετικά με τις προθεσμίες στην αλυσίδα και τα επίπεδα αποθεμάτων ασφαλείας που θα πρέπει να διατηρεί σε όλη την αλυσίδα, προκειμένου να αντιμετωπίσει τη μεταβλητότητα της ζήτησης (Kelepouris, Miliotis, Drakos ,2005).

3.5.1 Λάθη των προβλέψεων

Οι Zhao & Xie (2002) ερευνήσαν την επίδραση των σφαλμάτων πρόβλεψης σχετικά με την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, και την εξοικονόμηση του κόστους που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των λιανοπωλητών και του προμηθευτή σε μια αλυσίδα εφοδιασμού. Μέσω του ολοκληρωμένου πειράματος προσομοίωσης και την επακόλουθη ανάλυση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης κατέληξαν στα παρακάτω ευρήματα

- Τόσο η αναμενόμενη μεροληψία όσο και η αρχική τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης επηρεάζουν σημαντικά τα συνολικά κόστη για τον προμηθευτή, τους λιανοπωλητές και ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Ο ρυθμός αύξησης της τυπικής απόκλισης των σφαλμάτων πρόβλεψης δεν έδειξε σημαντική επίδραση για την αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ της αναμενόμενης μεροληψίας και της αρχικής τυπικής απόκλισης είναι επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όταν υπάρχει υψηλότερη μεταβλητότητα του σφάλματος πρόβλεψης, μια θετική μεροληψία στην πρόβλεψη μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους. Ως εκ τούτου, μια θετική μεροληψία στην πρόβλεψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία έναντι της αβεβαιότητας στις προβλέψεις της ζήτησης.
- Η ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την εκτέλεση της αλυσίδας εφοδιασμού. Όταν λιανοπωλητές μοιράζονται είτε την προβλεπόμενη καθαρή ζήτηση είτε τη μελλοντική απολαμβάνουν σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Σημαντική εξοικονόμηση κόστους μπορεί επίσης να επιτευχθεί για το σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού. Ωστόσο, οι έμποροι λιανικής πώλησης συνήθως δεν λαμβάνουν οποιαδήποτε εξοικονόμηση. Αντ' αυτού, το συνολικό κόστος που επωμίζονται αυξάνεται συχνά με την ανταλλαγή πληροφοριών με τον προμηθευτή. Επιπλέον, ενώ η κατανομή των προγραμματισμένων παραγγελιών θα παράγουν περισσότερο σημαντικές εξοικονομήσεις κόστους για τον προμηθευτή και το σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού από ό, τι η ανταλλαγή των προβλεπόμενων καθαρών πληροφοριών ζήτησης. Ως εκ τούτου, η μελέτη αυτή δείχνει σαφώς ότι οι προμηθευτές πρέπει να παρέχουν κίνητρα για τους πωλητές για ανταλλαγή πληροφοριών.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση εμπειρικών ερευνών

4.1 Πρώτη έρευνα : των Kelepouris, Miliotis & Drakos (2005)

4.1.1 Σκοπός της έρευνας

Η: Προσομοίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας: τεχνικές πρόβλεψης, χρόνο παράδοσης, απόθεμα ασφαλείας και οι επιπτώσεις τους στο bullwhip αποτέλεσμα και του ποσοστού αναπλήρωσης του αποθέματος παρούσα μελέτη ασχολείται με την επίδραση του χρόνου παράδοσης (lead time) και της προβλεπόμενης ζήτησης στην μεταβλητότητα των παραγγελιών. Η μοναδικότητα της μελέτης, δεν έγκειται μόνο στις παραμέτρους που μελετώνται, αλλά και στις μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για να μελετηθούν οι επιπτώσεις τους, όπως τον κύκλο επιπέδου αποθεμάτων και το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος.

4.1.2 Ανάλυση της έρευνας

Σ' αυτό σημείο γίνεται αναφορά στην πολιτική αποθεμάτων. Θεωρείται μια απλή αλυσίδα εφοδιασμού με έναν λιανοπωλητή και έναν προμηθευτή. D_t είναι η ζήτηση που αντιμετωπίζει ο λιανοπωλητής κατά την περίοδο t . \hat{D}_t είναι η εκτίμηση της ζήτησης για μια μελλοντική χρονική περίοδο t , που παράγεται από τον αλγόριθμο πρόβλεψης και είναι η τυπική απόκλιση $\hat{\sigma}_{et}$ του σφάλματος πρόβλεψης. Στο τέλος της κάθε περιόδου ο λιανοπωλητής πρέπει να ανανεώνει το απόθεμα του πάνω από το επίπεδο y_t , προκειμένου να ανταποκριθεί στη ζήτηση της επόμενης περιόδου. Για το σκοπό αυτό, παρατηρεί που έχει απομείνει η στάθμη του αποθέματος s_t και κάνει παραγγελία q_t στον προμηθευτή. Υπάρχει ένα σταθερό χρονικό διάστημα από τη στιγμή που έγινε η παραγγελία από τον έμπορο μέχρι να φτάσει στο λιανοπωλητή, έτσι ώστε μια παραγγελία που γίνεται στο τέλος της περιόδου t , να λαμβάνεται κατά την έναρξη της περιόδου $t+L$. Σημειώνεται, ότι στην περίπτωση μηδενικού χρόνου ο χρόνος παράδοσης της παραγγελίας είναι $L = 1$. Υποθέτεται ότι ο λιανοπωλητής ακολουθεί μια απλή πολιτική παραγγελίας αποθεμάτων, η παραγγελία πάνω απ το σημείο y_t εκτιμάται από την παρατηρούμενη ζήτηση με τον ακόλουθο τύπο,

$$y_t = \hat{D}_t^L + z \hat{\sigma}_{et}^L \quad (1)$$

όπου \hat{D}_t^L είναι η εκτίμηση της μέσης ζήτησης σε περιόδους L και $\hat{\sigma}_{et}^L$ είναι η τυπική απόκλιση του

σφάλματος πρόβλεψης της περιόδου L . Η z είναι μια σταθερά που επιλέγεται για την επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου εξυπηρέτησης ($z > 0$). Σημειώνουμε, ότι η z είναι γνωστή ως παράγοντας ασφάλειας. Η τυπική απόκλιση σφάλματος πρόβλεψης της περιόδου L υπολογίζεται με βάση το σφάλμα πρόβλεψης που έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες p περιόδους.

$$\hat{\sigma}_{et}^L = C_L \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{p-1} (D_{t-i} - \hat{D}_{t-i})^2}{p}} \quad (2)$$

Για λόγους απλότητας υπέθεσαν $C_L=1$. Πριν από την τοποθέτηση μιας q_t παραγγελίας, ο λιανοπωλητής πρέπει να λάβει υπόψη το απόθεμα s_t που έχει απομείνει στο τέλος της περιόδου t , όμως αυτό πρέπει να αφαιρείται από την y_t κατά την τοποθέτηση της παραγγελίας. Ο πωλητής υπολογίζει το απόθεμα s_t στο τέλος της περιόδου t , σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο

$$s_t = \max\{s_{t-1}, 0\} - (D_t - q_{t-L}) \quad (3)$$

Η υπερβολική ζήτηση δεν μεταφέρεται στην επόμενη περίοδο. Το μοντέλο προσομοίωσης περιλαμβάνει επίσης έναν παράγοντα απογραφής ασφάλειας για το λιανοπωλητή. Ο πωλητής διατηρεί απόθεμα ασφαλείας για την κάλυψη της υπερβάλλουσας ζήτησης. Το απόθεμα ασφαλείας υπολογίζεται ως εξής:

$$D_t^L = L \left(\frac{\sum_{i=1}^p D_{t-i}}{p} \right) \quad (4)$$

Έτσι, το απόθεμα ασφαλείας θα είναι το $k D_t^L$, όπου k είναι ένας θετικός αριθμός, δηλαδή εάν ο πωλητής επιθυμεί να διατηρεί το απόθεμα ασφαλείας ίσο με το μισό του μέσου όρου ζήτησης ανά περίοδο που έχει παρατηρήσει στις τελευταία περιόδους p θα πρέπει να έχει $k = 0,5 D_t^L$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο λιανοπωλητής κατά το τέλος της περιόδου t ορίζει μια παραγγελία q_t τέτοια ώστε

$$q_t = y_t - s_t + k D_t^L \quad (5)$$

πράγμα που σημαίνει ότι η σειρά q_t ισούται με την παραγγελία πάνω απ το σημείο y_t αφαιρώντας το απόθεμα που έχει μείνει στο τέλος της περιόδου t και προσθέτοντας το απόθεμα ασφαλείας. Σ' αυτό το σημείο, χρησιμοποιούμε ένα μοντέλο στο οποίο οι εντολές δεν μπορούν να είναι αρνητικές και δεν επιτρέπεται επιστροφή, εκτιμώντας ότι πρόκειται για ένα πιο ρεαλιστικό σενάριο για τη λιανική αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων. Έτσι, η (5) μπορεί να γραφεί ως

$$q_t = \max \{y_t - \max \{s_t, 0\} + k D_t^L, 0\} \quad (6)$$

Αλγόριθμος πρόβλεψης

Έχει αναφερθεί προηγουμένως, ότι η παραγγελία που δόθηκε για την y_t προκύπτει από την εξίσωση (1). Ενώ μπορούμε να υπολογίσουμε το σφάλμα πρόβλεψης $\hat{\sigma}_{et}^L$ από τις προηγούμενες περιόδους, η \hat{D}_t^L πρέπει να προβλεφθεί. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε έναν αλγόριθμο χρονοσειράς πρόβλεψης. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιούμε είναι γραμμικός με εκθετική εξομάλυνση με μία παράμετρο, και είναι γνωστός ως μοντέλο του Brown. Το μοντέλο Brown μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις, όπου η τάση στη ζήτηση είναι προφανής, στην οποία οι τεχνικές του κινούμενου μέσου όρου και η απλή εκθετική εξομάλυνση μπορούν να αποδειχθούν ανεπαρκείς. Η τεχνική αυτή αναφέρεται στην εκθετική εξομάλυνση της απλής εκθετικής σειράς. S_t είναι η απλή και S'_t είναι η διπλή εκθετική σειρά εξομάλυνσης. Πιο αναλυτικά: η απλή εκθετική σειρά αποτελεσμάτων από

$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha) S_{t-1} \quad (7)$$

Η εξίσωση για τη διπλή εκθετική εξομάλυνση

$$S'_t = \alpha S_t + (1-\alpha) S'_{t-1} \quad (8)$$

Η σταθερά α ($0 < \alpha < 1$), είναι ο παράγοντας εξομάλυνσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η α , τόσο περισσότερο ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη την τελευταία παρατήρηση D_{t+1} . Τόσο η απλή όσο και η διπλή εκθετική σειρά εξομάλυνσης είναι μικρότερες από τη σειρά πραγματικής ζήτησης. Για το λόγο αυτό το μοντέλο Brown παρέχει μια τεχνική διόρθωση η οποία περιγράφεται στις ακόλουθες εξισώσεις

$$a_t = S_t + (S_t - S'_t) = 2S_t - S'_t, \text{ και} \quad (9)$$

$$b_t = \frac{a}{1-\alpha} (S'_t - S_t) \quad (10)$$

$$\text{Η πρόβλεψη } \mu_t \text{ για τη ζήτηση της περιόδου } t+1, \text{ θα είναι } \mu_t = a_t + b_t \quad (11)$$

Τέλος, η παραγγελία πάνω από το σημείο y_t μπορεί να ξαναγραφεί ως:

$$y_t = L \mu_t + z \hat{\sigma}_{et}^L \quad (12)$$

Αλγόριθμος προσομοίωσης

Έχοντας στη διάθεσή τους για 52 περιόδους (εβδομάδες), δεδομένα ζήτησης του κάθε προϊόν, έφτιαξαν μια προσομοίωση για ένα προϊόν κάθε φορά. Η ζήτηση του προϊόντος, που αποτελείται από 52 περιόδους, εισάγεται στο λογισμικό. Η ζήτηση D_0 της πρώτης περιόδου $t = 0$ θεωρείται

γνωστή. Ως εκ τούτου, το απόθεμα (εξίσωση 3), υπολογίζεται με απλή εκθετική εξομάλυνση και διπλή εκθετική σειρά (εξισώσεις 7,8) ίση με τη ζήτηση που παρατηρείται κατά την πρώτη περίοδο, έτσι έχουμε $s_0 = D_0$, $S_0 = D_0$ και $S'_0 = D_0$. Η προσομοίωση ξεκινά στο τέλος της περιόδου $t = 1$. Επισημαίνεται, ότι η ζήτηση κάθε περίοδο $t > 1$ δεν είναι γνωστή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, μέχρι το τέλος της περιόδου t .

Στο τέλος της κάθε περιόδου t , το λογισμικό παρατηρεί τη ζήτηση της περιόδου και υπολογίζει το υπόλοιπο απόθεμα στο λιανοπωλητή s_t (εξίσωση 3). Αυτό είναι το αποτέλεσμα της παραγγελίας που έχει δοθεί στην αρχή της περιόδου q_{t-L} , αφαιρώντας τη ζήτηση D_t και προσθέτοντας το υπόλοιπο απόθεμα της προηγούμενης περιόδου, εάν υπάρχει. Ταυτόχρονα, ο πωλητής παρατηρεί και καταγράφει τη ζήτηση της εν λόγω περιόδου, D_t . Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το μοντέλο του Brown (εξισώσεις 7-12) παράγεται μια πρόβλεψη y_{t+1} για τη ζήτηση της επόμενης περιόδου, η οποία δεν είναι ακόμη γνωστή. Λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις, τα εναπομείναντα τεμάχια και το επιθυμητό επίπεδο αποθεμάτων ασφαλείας, ο λιανοπωλητής τοποθετεί την παραγγελία για περίοδο t , q_t η οποία θα παραδοθεί στην αρχή της περιόδου $t + L$. Η προσομοίωση στη συνέχεια προχωρά στην επόμενη περίοδο, $t + 1$. Η προσομοίωση τελειώνει στο τέλος της 52ης περιόδου.

Με τη μορφή ψευδοκώδικα τα παραπάνω θα είναι ως εξής:

$$s_0 = D_0, S_0 = D_0, S'_0 = D_0$$

$$t = 1$$

Για κάθε περίοδο t , επανάληψη

Παρατηρημένη ζήτηση D_t

$$s_t = \max \{s_{t-1}, 0\} - (D_t - q_{t-L}) : \text{Υπολογισμένο υπόλοιπο απογραφής (εξίσωση 3)}$$

$$y_t = L \mu_t + z \hat{\sigma}_{\epsilon_t}^L : \text{Υπολογισμένη πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο (εξισώσεις 7-12)}$$

$$q_t = \max \{y_t - \max \{s_t, 0\} + k D_t^L, 0\} : \text{Τοποθέτηση παραγγελίας}$$

Μετάβαση στην επόμενη περίοδο

$$\text{Υπολογισμός τυπικής απόκλισης της τάξης χρονοσειρών} \sigma(q_t) \quad t = 0..52$$

$$\text{Υπολογισμός τυπικής απόκλισης της ζήτησης χρονοσειρών} \sigma(D_t), \quad t = 0..52$$

Υπολογισμός μέσου κύκλου απογραφής

Υπολογισμός ποσοστού πλήρωσης προϊόντος

Η προσομοίωση τελειώνει όταν η σειρά ζήτησης, η οποία δίνεται ως δεδομένη στην αρχή, τελειώνει. Εκείνη την στιγμή η προσομοίωση θα δημιουργήσει τις χρονοσειρές των αποθεμάτων s_t , και τις χρονοσειρές των παραγγελιών που ο λιανοπωλητής έχει τοποθετήσει, q_t . Στη συνέχεια, το

λογισμικό υπολογίζει την τυπική απόκλιση παραγγελίας και τη ζήτηση, το μέσο απόθεμα κύκλου που έχει κρατηθεί κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος που έχει επιτευχθεί. Το πρώτο φαινόμενο που παρατηρήθηκε στην αλυσίδα είναι, η ενίσχυση της μεταβλητότητας της παραγγελίας. Δηλαδή, ο βαθμός στον οποίο ο λιανοπωλητής παραγγέλλει σειρές q_i , είναι πιο ασταθής από τη ζήτηση D_i . Για να ποσοτικοποιηθεί αυτή η ενίσχυση χρησιμοποιούμε την αναλογία της τυπικής απόκλισης σ της σειράς

$$\frac{\sigma(q_i)}{\sigma(D_i)}$$

(13)

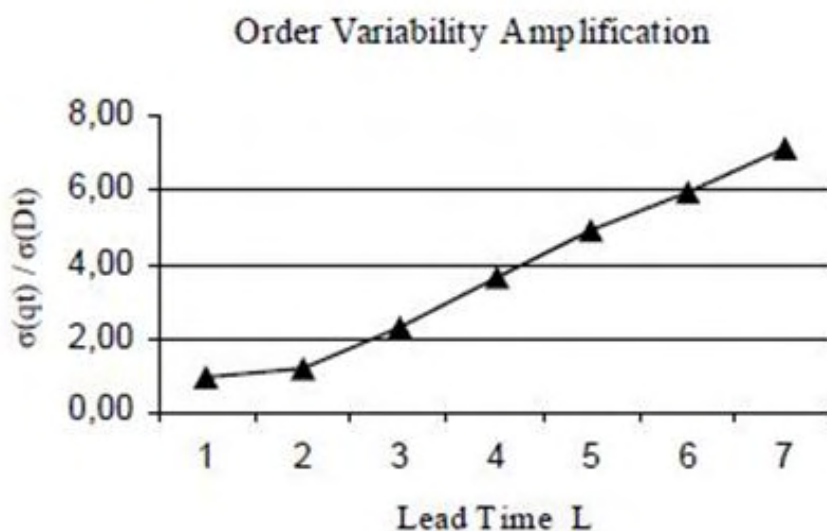
Για όλες τις 52 περιόδους το ποσοστό πλήρωσης τους προϊόντος (PFR, product fill rate %) θα είναι

$$\text{PFR \%} = \frac{\sum_{t=1}^{52} (D_t - \max\{D_t - y_{t-1}, 0\})}{\sum_{t=1}^{52} D_t} \quad (14)$$

Αποτελέσματα προσομοίωσης

Χρόνος παράδοσης παραγγελίας (L): Αυτός είναι ο χρόνος που παίρνει στην παραγγελία να παραδοθεί στο λιανοπωλητή. Έχουν διεξαχθεί πειράματα για διαφορετικές τιμές του απαιτούμενου χρόνου μεταξύ προμηθευτή και λιανοπωλητή. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων η παράμετρος p , ορίστηκε σε $p = 5$ περιόδους, ο παράγοντας ασφαλείας $z = 1$ και ο παράγοντας εξομάλυνσης $\alpha = 0,5$. Καταγράφηκαν τρεις μετρήσεις για κάθε ένα από τα 135 προϊόντα. Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζονται η μέση τιμή της κάθε μέτρησης, όπως παρατηρείται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος L , μειώνεται η συχνότητα των παραγγελιών. Για $L=1$ και $L=2$ οι παραγγελίες λιανικής τοποθετούνται κάθε εβδομάδα, αλλά για $L>2$ οι παραγγελίες κάθε $L-1$ εβδομάδα.

Σχήμα 1: Ενίσχυση μεταβλητότητας παραγγελιών ως συνάρτηση του χρόνου παράδοσης L

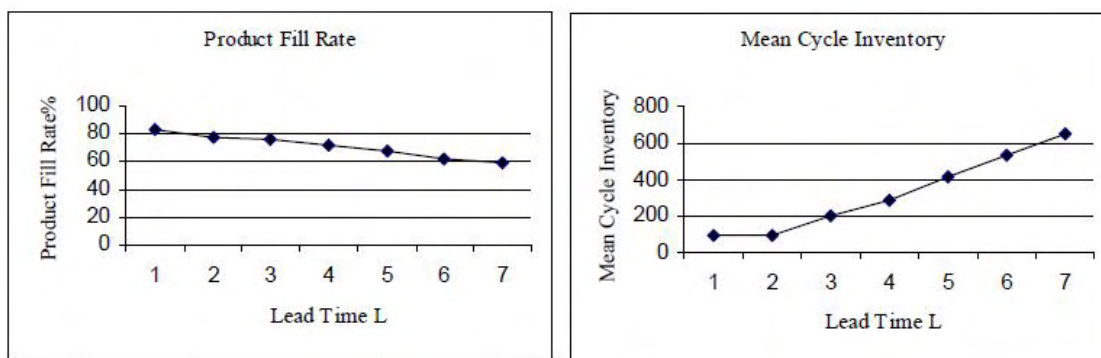


Στο Σχήμα 1 έδειξαν πως ενίσχυση της μεταβλητότητας αυξάνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης L. Οι αιτίες αύξησης της ενίσχυσης μεταβλητότητας είναι δύο. Πρώτον, η αύξηση του χρόνου παράδοσης του προϊόντος έχει αντίκτυπο στην ανάγκη πρόβλεψης της ζήτησης για περισσότερες περιόδους αργότερα. Κατά συνέπεια, το σφάλμα πρόβλεψης θα είναι μεγαλύτερο. Το σφάλμα πρόβλεψης οδηγεί σε φαινόμενα περίσσιων εμπορευμάτων αλλά και το αντίθετο, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν σε μεγαλύτερη μεταβλητότητα παραγγελιών, όπου ο λιανοπωλητής προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τα φαινόμενα αυτά. Όπως ο Chen επισημαίνει, το σφάλμα πρόβλεψης προκαλεί ενίσχυση μεταβλητότητας. Εάν ο πωλητής ήταν σε θέση να γνωρίζει εκ των προτέρων τη ζήτηση των μελλοντικών περιόδων, θα παρήγγειλε τις ακριβείς ποσότητες που χρειάζεται. Κατά συνέπεια, η σειρά των παραγγελιών λιανικής θα έχουν την ίδια μεταβλητότητα, όπως εκείνη της ζήτησης και θα παρατηρηθεί μηδενική ενίσχυση μεταβλητότητας. Δεύτερον, η αύξηση του χρόνου παράδοσης σημαίνει, ότι η παραγγελία πρέπει να ικανοποιεί ζήτηση για περισσότερες περιόδους, έτσι ώστε η μέση ποσότητα της παραγγελίας να είναι μεγαλύτερη. Το πιθανότερο είναι ότι τα μεγαλύτερα τμήματα θα έχουν μεγαλύτερη τυπική απόκλιση στη σειρά τους.

Παράλληλα με την ενίσχυση μεταβλητότητας της παραγγελίας, οι Kelepouris, Miliotis, Drakos (2005) μελέτησαν και το ποσοστό πλήρωσης του προϊόντος και το επίπεδο του μέσου κύκλου απογραφής που ο πωλητής διατηρεί κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Η επίδραση της αύξησης

του χρόνου παράδοσης του προϊόντος και του ποσοστού αναπλήρωσης του προϊόντος στο μέσο κύκλο αποθέματος, απεικονίζεται στο Σχήμα 2.

Σχήμα 2: Ποσοστό πλήρωσης προϊόντος και μέσος κύκλος αποθέματος ως συνάρτηση του χρόνου παράδοσης L



Τα αυξημένα αποτελέσματα του χρόνου παράδοσης, μείωσαν το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος του λιανοπωλητή. Με άλλα λόγια, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παράδοσης μεταξύ του προμηθευτή και του λιανοπωλητή, τόσο πιο συχνά θα υπάρχουν φαινόμενα έλλειψης αποθέματος στον λιανοπωλητή. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι, λόγω του μεγάλου χρόνου, ο λιανοπωλητής δεν είναι σε θέση να ανταποκριθεί γρήγορα στις μεταβαλλόμενες τάσεις της ζήτησης, η οποία οδηγεί σε χαμένες πωλήσεις.

Είναι προφανές από τα παραπάνω ευρήματα, ότι η αύξηση του χρόνου παράδοσης έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πρώτον, η αύξηση της ενίσχυσης της μεταβλητότητας εμποδίζει την αλυσίδα για αποτελεσματική κατανομή των πόρων, δηλαδή είναι πιο δύσκολο να διαχειριστεί αποτελεσματικά τα φορτία και τις αντίστοιχες οδούς διανομής, και επίσης είναι πιο δύσκολο να καταναίμει αποτελεσματικά το χώρο των αποθεμάτων στις κεντρικές αποθήκες, με τις παραγγελίες να κυμαίνονται με αυτόν τον τρόπο. Επιπλέον, η μείωση του ποσοστού αναπλήρωσης του προϊόντος οδηγεί στη μείωση των πωλήσεων, η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει σε μείωση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, το κόστος αύξησης της αλυσίδας με την αύξηση του χρόνου παράδοσης, συγκρατεί περισσότερο απόθεμα. Εν κατακλείδι, η αύξηση του χρόνου παράδοσης οδηγεί σε σημαντική αύξηση του κόστους λειτουργίας της αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της κατανομής των πόρων και του κόστους, μειώνοντας ταυτόχρονα την αποδοτικότητα της αλυσίδας λόγω του μειωμένου ποσοστού πλήρωσης του προϊόντος. Κατά συνέπεια, μια εταιρεία θα πρέπει να κρατήσει τους χρόνους παράδοσης όσο το δυνατόν χαμηλότερα, έτσι ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και η

αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας της.

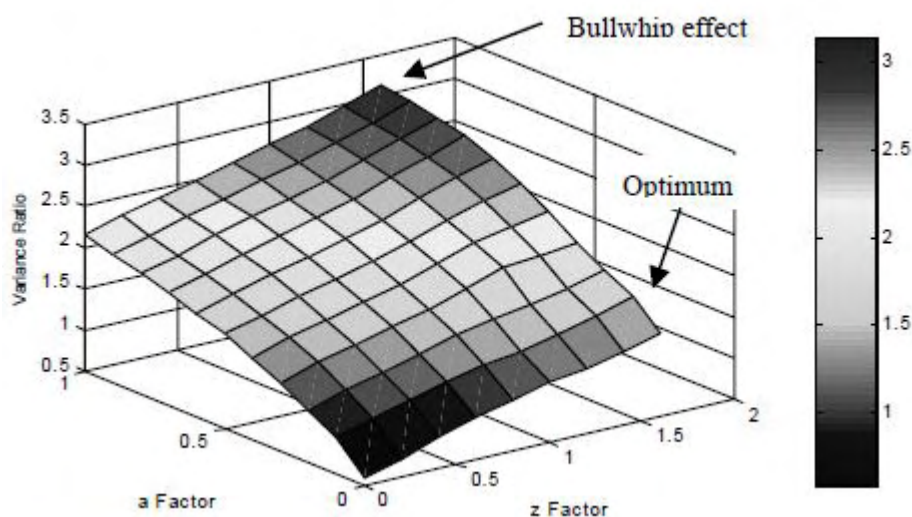
Συντελεστής Ασφαλείας (z) και συντελεστής εξομάλυνσης (α)

Μια από τις πιο κρίσιμες αποφάσεις που μια εταιρεία πρέπει να κάνει κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της πολιτικής της, είναι η επιλογή των σωστών παραγόντων ασφαλείας και εξομάλυνσης. Η πρώτη, θα επηρεάσει το ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης και το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος, ενώ η δεύτερη θα επηρεάσει την ακρίβεια των προβλέψεων και της μεταβλητότητας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ασφαλείας z , τόσο περισσότερο το σφάλμα πρόβλεψης λαμβάνεται υπόψη σε κάθε πρόβλεψη, δηλαδή ένα μεγαλύτερο κλάσμα της τυπικής απόκλισης του σφάλματος πρόβλεψης σ_{et}^L προστίθεται στη μέση τιμή των προβλέψεων μ_t , όπως φαίνεται στην εξίσωση 12 ($y_t = L \mu_t + z \sigma_{et}^L$). Κατά συνέπεια, υπάρχει μειωμένη πιθανότητα οι προβλέψεις θα αποδειχθούν λιγότερο αληθείς από ό, τι παρατηρήθηκε για την πραγματική ζήτηση και τα φαινόμενα έλλειψης του αποθέματος μειώνονται. Με τον τρόπο αυτό, η αύξηση του συντελεστή ασφαλείας αυξάνει τον ρυθμό αναπλήρωσης του προϊόντος.

Από την άλλη πλευρά, όσο μεγαλύτερος είναι ο παράγοντας εξομάλυνσης, τόσο περισσότερες σειρές πρόβλεψης είναι πιο κοντά στην πραγματική ζήτηση και ακολουθεί τις διακυμάνσεις της. Ένας μεγάλος παράγοντας εξομάλυνσης κοντά στο 1, δεν είναι πάντα η καλύτερη επιλογή, όπως και για ειδικές μορφές ζήτησης του προϊόντος, ένα πιο συντηρητικό α , κοντά στο μηδέν, θα δώσει μικρότερο συνολικό σφάλμα πρόβλεψης για ένα χρονικό διάστημα. Σημειώνεται, ότι η επιλογή του σωστού παράγοντα εξομάλυνσης α , κάτι που μειώνει το σφάλμα πρόβλεψης είναι στενά συνδεδεμένη με τη διακύμανση και τον συντελεστή μεταβλητότητας που κατέχει η ζήτηση του προϊόντος.

Ξεκινώντας από τον παράγοντα ασφαλείας z , είναι προφανές από το σχήμα 3 ότι μια αύξηση στο z οδηγεί σε μεγαλύτερη ενίσχυση της μεταβλητότητας των παραγγελιών Όπως οι Chen , Drezner , Jennifer & Simchi (2000) σημείωσαν, ότι η μεταβλητότητα της παραγγελίας προκύπτει κυρίως από το σφάλμα πρόβλεψης. Από την άλλη πλευρά, ένας μεγάλος συντελεστής ασφαλείας οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα ποσοστού αναπλήρωσης του προϊόντος. Η σωστή επιλογή σε αυτό το δίλημμα θα γίνει σύμφωνα με την εξέταση των περιθωρίων κέρδους του κάθε προϊόντος και το κόστος, που η εταιρεία είναι σε θέση να χειριστεί.

Σχήμα 3: Ενίσχυση μεταβλητότητας παραγγελίας, ως συνάρτηση α και z



Μια εταιρεία θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις παραπάνω διαπιστώσεις κατά το σχεδιασμό της πολιτικής για την αναπλήρωση και συγκεκριμένα για τα στοιχεία πρόβλεψης. Η ανάπτυξη ενός συστήματος πληροφοριών, δεν είναι αρκετή, αν ο αλγόριθμος αναπλήρωσης που τρέχει πάνω του δεν είναι αποτελεσματικός. Τα παραπάνω αποτελέσματα υποδεικνύουν τον καλύτερο συνδυασμό για τους παράγοντες ασφάλειας και εξομάλυνσης, σχετικά με τη μεταβλητότητα που θα αντιμετωπίσει η εταιρεία και το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος που θα επιτύχει. Φυσικά, όλα τα παραπάνω θα πρέπει να συνδυάζονται επίσης με στρατηγικό σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα περιθώρια κέρδους του κάθε προϊόντος και το είδος της σειράς απαίτησης της, δηλαδή υψηλής τάξης μεταβλητότητα σε συνδυασμό με υψηλό ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος που θα μπορούσε να είναι αποδεκτό για ένα προϊόν με υψηλά περιθώρια κέρδους. Αντίθετα, αυτό δεν θα ήταν μια σωστή επιλογή για ένα προϊόν με χαμηλά περιθώρια κέρδους, καθώς οι δαπάνες που προκύπτουν από τη μεταβλητότητα, θα έπρεπε να ξεπεράσουν τα κέρδη που προέρχονται από το συγκεκριμένο προϊόν. Ο Fisher προτείνει, καινοτόμα προϊόντα, τα οποία συνήθως είναι προϊόντα με υψηλότερα περιθώρια κέρδους, που απαιτούν προσομοιώσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού με μια προσαρμοστική διαδικασία. Αυτό το είδος διαδικασίας εν γένει περιλαμβάνει άκρως κυμαινόμενες σειρές παραγγελίας, που ανταποκρίνονται άμεσα στις διακυμάνσεις της ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, λειτουργικά προϊόντα, με χαμηλότερα περιθώρια κέρδους, απαιτούν μια αποτελεσματική διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτού του είδους η διαδικασία περιλαμβάνει σχετικά

σταθερή σειρά τάξης και αποτελεσματική χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας σε ολόκληρη την αλυσίδα. Τα ευρήματα του Fisher έχουν έρθει σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής. Αναφερόμαστε για γρήγορη μετακίνηση προϊόντων της λιανικής τροφίμων, τα οποία είναι γενικά λειτουργικά και προσφέρουν ένα μικρό περιθώριο κέρδους για την εταιρεία. Έτσι, η πιο αποτελεσματική διαδικασία θα ήταν, η ενίσχυση της χαμηλής μεταβλητότητας και του ρυθμού αναπλήρωσης του προϊόντος.

4.1.3 Συμπεράσματα της έρευνας

Τα παραπάνω αποτελέσματα δίνουν κάποιες βασικές διευθυντικές γνώσεις για μια εταιρεία που επιθυμεί να σχεδιάσει αποτελεσματικά την πολιτική ανεφοδιασμού της. Προτείνεται τη σωστή επιλογή για σοβαρά διλήμματα που αφορούν τόσο τους στρατηγικούς παράγοντες σχεδιασμού (όπως τους χρόνους παράδοσης και τα αποθέματα ασφαλείας), καθώς και τους παράγοντες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πληροφοριών της εταιρείας. Η αποτελεσματική λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού δεν βασίζεται μόνο στο σωστό στρατηγικό σχεδιασμό. Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιείται από την εταιρεία θα πρέπει να προσαρμοστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται στρατηγική προσαρμογή. Για το λόγο αυτό, οι σωστές παράμετροι θα πρέπει να επιλέγονται για τους αλγόριθμους του συστήματος πληροφοριών.

Πρώτον, αποδεικνύεται, ότι χρόνος έχει σοβαρές επιπτώσεις όχι μόνο στην ενίσχυση μεταβλητότητα παραγγελιών αλλά στο ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος καθώς και στο μέσο απόθεμα. Η αύξηση του χρόνου παράδοσης προκαλεί σοβαρή ενίσχυση των διακυμάνσεων σε ολόκληρη την αλυσίδα. Επιπλέον, το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος που ο πωλητής επιτυγχάνει, μειώνεται όσο ο χρόνος αυξάνει. Τέλος, λόγω του αυξανόμενου χρόνου παράδοσης, κρατούνται υψηλότερα επίπεδα του μέσου κύκλου αποθεμάτων, τα οποία οδηγούν σε αύξηση του κόστους εκμετάλλευσης. Ως εκ τούτου, προτείνεται η εταιρία να κρατήσει τους χρόνους παράδοσης όσο το δυνατόν χαμηλότερα για να μειώσει το μεγάλο κόστος και να αυξήσει την κερδοφορία της αλυσίδας.

Δεύτερον, για ένα συγκεκριμένο τύπο προϊόντος, προτείνεται ο σωστός συνδυασμός των δύο παραγόντων α και z . Έχει αποδειχθεί η επίδραση των δύο παραγόντων που αφορούν την ενίσχυση της διακύμανσης και το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος. Ο καλύτερος συνδυασμός για αυτό το είδος προϊόντων είναι ένας μικρός παράγοντας εξομάλυνσης α που οδηγεί σε χαμηλή ενίσχυση

της μεταβλητότητας της ζήτησης και ένας μεγάλος παράγοντας ασφάλειας z , οδηγεί σε βέλτιστα επίπεδα του ποσοστού αναπλήρωσης του αποθέματος. Με τον τρόπο αυτό, η εταιρεία μειώνει τα έξοδα που θα προκύψουν από την επίδραση bullwhip και επιτυγχάνει το μέγιστο των πωλήσεων και την αύξηση της κερδοφορίας του. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάθε εταιρεία θα πρέπει να εξετάσει το είδος των προϊόντων που εμπορεύεται και τα περιθώρια κέρδους που παρέχονται, πριν τη λήψη όποιας απόφασης στον τομέα αυτό.

4.2 Δεύτερη Έρευνα: των Kelepouris T. , Miliotis P. & Pramataris K. (2008)

4.2.1 Σκοπός της έρευνας

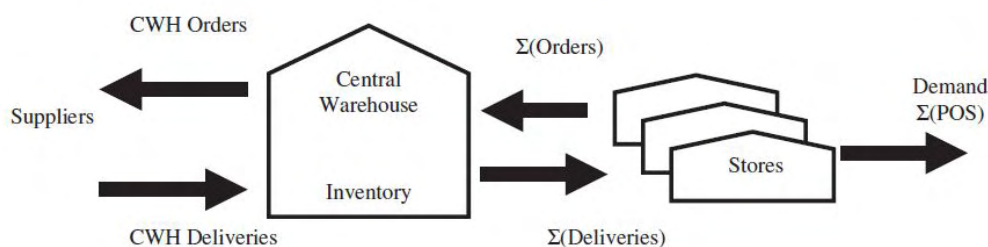
Οι Kelepouris T. , Miliotis P. & Pramataris K. (2008) εξέτασαν την επιχειρησιακή πτυχή του BWE, μελετώντας την επίδραση τόσο των παραμέτρων αναπλήρωσης για το BWE, όσο και τη χρήση του σημείου πώλησης (POS), την ανταλλαγή δεδομένων για την εξομάλυνση του αποτελέσματος bullwhip. Η λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού σε δύο στάδια, χρησιμοποιεί πραγματικά δεδομένα POS από μια ελληνική εταιρεία λιανικού εμπορίου. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα πραγματικής ζήτησης για τη μοντελοποίηση της πολιτικής παραγγελίας μιας απλής αλυσίδας εφοδιασμού. Μέσα από πειράματα που έγιναν, επιβεβαιώνονται τα αναλυτικά πορίσματα των Chen et al., σχετικά με τις επιπτώσεις της ενίσχυσης της μεταβλητότητας του χρόνου παραγγελίας και επιπλέον διευρύνθηκαν οι επιπτώσεις του χρόνου παράδοσης του προϊόντος που τα ποσοστά συμπλήρωσης των κόμβων εφοδιαστικής αλυσίδας που χρειάζονται για να ολοκληρωθούν. Επιπλέον, μελετήθηκαν οι επιπτώσεις των παραγόντων εξομάλυνσης και ασφάλειας στο BWE και των προϊόντων. Στο τελευταίο μέρος της μελέτης τους, έδειξαν πώς η χρήση των κοινών στοιχείων POS από τα ανώτερα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις διακυμάνσεις τις παραγγελίες και στα επίπεδα των αποθεμάτων που τηρούνται.

4.2.2 Ανάλυση της έρευνας

Αναλυτικότερα η εταιρεία που μελετήθηκε είναι μια αλυσίδα καταστημάτων παντοπωλείου λιανικής πώλησης στην Ελλάδα, με περίπου 250 καταστήματα λιανικής πώλησης και 7 κεντρικές αποθήκες σε όλη την Ελλάδα. Η αλυσίδα εφοδιασμού είναι δομημένη σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στους προμηθευτές της αλυσίδας. Στο μεσαίο στάδιο, οι κεντρικές αποθήκες (CWH, central warehouses) θα παίζουν το ρόλο του ενδιάμεσου ρυθμιστικού αποθέματος. Κάθε αποθήκη είναι υπεύθυνη για την παροχή του κάθε αριθμού καταστημάτων λιανικής πώλησης. Τέλος, τα καταστήματα λιανικής πώλησης θα ανταποκριθούν στη ζήτηση των πελατών, η οποία

καταγράφεται στα στοιχεία POS. Η δομή της αλυσίδας απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Η εταιρεία λειτουργεί σε περιοδική αναθεώρηση της πολιτικής αναπλήρωσης σε εβδομαδιαία βάση. Στο τέλος κάθε περιόδου t κάθε κατάστημα δίνει εντολή σε μια συγκεκριμένη αποθήκη. Η παραγγελία παραδίδεται την επόμενη ημέρα, η οποία βρίσκεται στην αρχή της επόμενης περιόδου $t+1$. Χρησιμοποιήθηκε τον συμβολισμό l για το χρονικό περιθώριο του καταστήματος και σύμφωνα με την προσέγγιση των Chen, Drezner, Jennifer & Simchi (2000), σχετικά με τους χρόνους, έχουμε $l = 1$. Αντίστοιχα, η κεντρική αποθήκη παρατηρεί τις παραγγελίες των καταστημάτων και δίνει εντολή στον αντίστοιχο προμηθευτή προκειμένου να ανανεώσει το απόθεμά της. Η παραγγελία πρέπει να παραδοθεί μέχρι το τέλος της περιόδου $t + 1$ από τους προμηθευτές. Προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα ελλείψεων, κάθε αποθήκη διατηρεί απόθεμα ασφαλείας, ίσο με τη μέση ζήτηση μιας περιόδου δέκα ημερών. Για τον ίδιο λόγο, κάθε κατάστημα διατηρεί απόθεμα ασφαλείας ίσο με ζήτηση δύο ημερών.

Σχήμα 1: Δομή εφοδιαστικής αλυσίδας



Αναφορά σε χρήσιμους όρους

Χρόνος παράδοσης παραγγελίας: Πρώτα μελετάμε την επίδραση της αύξησης του χρόνου παράδοσης παραγγελίας, στην ενίσχυση μεταβλητότητας της παραγγελίας και στο ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος που έχει επιτευχθεί από το κατάστημα, μαζί με το απόθεμα ασφαλείας που απαιτείται για αυτό.

Παράγοντας εξομάλυνσης (α): Χρησιμοποιήθηκε γραμμική εκθετική εξομάλυνση με μία παράμετρο για την εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης. Έχουμε μελετήσει τις επιπτώσεις των διαφόρων τιμών του συντελεστή εξομάλυνσης, για την ενίσχυση μεταβλητότητας της ζήτησης και το ποσοστό πλήρωσης του προϊόντος που το κατάστημα επιτυγχάνει.

Συντελεστής ασφαλείας (z): Έχουμε μελετήσει τις επιπτώσεις των διαφόρων τιμών του συντελεστή ασφαλείας z στην ενίσχυση μεταβλητότητας ζήτηση και στο ποσοστό πλήρωσης του

προϊόντος που επιτυγχάνει το κάθε κατάσταση. Η ανταλλαγή πληροφοριών γίνεται υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας της αλυσίδας εφοδιασμού, όπου κάθε κόμβος της αλυσίδας δημιουργεί μια πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο με βάση τη ζήτηση που αντιμετωπίζει από τον προηγούμενο κόμβο της αλυσίδας.

Χρησιμοποιώντας την ανταλλαγή πληροφοριών, η κεντρική αποθήκη έχει πρόσβαση στα δεδομένα της ζήτησης των πελατών και δημιουργεί τις προβλέψεις της, σύμφωνα με αυτό, παρακάμπτοντας τη στρέβλωση πληροφορίας που προκαλείται από τον κόμβο καταστημάτων. Οι Kelepouris T. , Miliotis P. & Pramataris K. (2008) θεώρησαν ότι η ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των διακυμάνσεων παραγγελιών της αποθήκης και του μέσου κύκλου αποθέματος.

Το μοντέλο

D_t : ζήτηση των πελατών για την περίοδο t

I : χρόνος παράδοσης για το κατάστημα

L : χρόνος παράδοσης για την αποθήκη

B_t^I : εκτίμηση της ζήτησης που τα καταστήματα θα αντιμετωπίσουν πάνω από I μελλοντικές περιόδους

B_t^L : εκτίμηση της ζήτησης που οι αποθήκες θα αντιμετωπίσουν πάνω από L μελλοντικές περιόδους

$\hat{\sigma}_{et}$: τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης για τις τελευταίες p περιόδους, $t - p$ έως $t - 1$

y_t^s : παραγγελία πάνω από ένα σημείο για το κατάστημα

y_t^w : παραγγελία πάνω από ένα σημείο για την αποθήκη

s : απόθεμα στο κατάστημα, στο τέλος της περιόδου t

s : απόθεμα στην αποθήκη, στο τέλος της περιόδου t

q : παραγγελία που έχει τοποθετηθεί στο κατάστημα σε χρόνο t

q : παραγγελία που έχει τοποθετηθεί στην αποθήκη σε χρόνο t

Η προσομοίωση πραγματοποιείται με διαδικασία δύο σταδίων, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Το κατάστημα αντιμετωπίζει ζήτηση D_t και αποθηκεύει τις παραγγελίες στην κεντρική αποθήκη. Η κεντρική αποθήκη κάνει παραγγελίες προς τους προμηθευτές. Υποθέτουμε, ότι οι προμηθευτές

παραδίδουν τις παραγγελίες σε χρόνο L . Η κεντρική αποθήκη παραδίδει τις παραγγελίες στο κατάστημα σε χρόνο l , ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των αποθεμάτων.

Η ζήτηση των πελατών: Το κατάστημα βρίσκεται αντιμέτωπο με τη ζήτηση D_t κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου. Αυτό γίνεται σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα POS που ο λιανοπωλητής μας παρείχε. Ως εκ τούτου, η ζήτηση που το μοντέλο μας χρησιμοποιεί είναι η πραγματική ζήτηση που αντιμετωπίζει η εταιρεία λιανικού εμπορίου.

Χρόνος παραγγελίας: q_t^s Η παραγγελία τοποθετείται από το κατάστημα στο τέλος της περιόδου t και θα παραδοθεί στην αρχή της περιόδου $t + 1$. Αντίστοιχα, οι παραγγελίες q_t^w τοποθετούνται στην αποθήκη στο τέλος της περιόδου t και θα παραδοθούν στην αρχή της περιόδου $t + L$. Οι χρόνοι είναι ντετερμινιστικοί και γνωστοί εκ των προτέρων για την προμήθεια των κόμβων της αλυσίδας.

Πρόβλεψη: Είναι γραμμική εκθετική εξομάλυνση με μια παράμετρο, που είναι γνωστή ως μοντέλο πρόβλεψης του Brown, και χρησιμοποιείται για την παραγωγή εκτιμήσεων της ζήτησης. Η E_t είναι η απλή και E'_t είναι η διπλή εκθετική σειρά εξομάλυνσης για το κατάστημα. Πιο αναλυτικά, τα αποτελέσματα της απλής εκθετικής σειράς είναι τα εξής:

$$E_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) E_{t-1} \quad (1)$$

Ενώ για τη διπλή εκθετική σειρά,

$$E'_t = \alpha E_t + (1 - \alpha) E'_{t-1} \quad (2)$$

Η σταθερά α ($0 < \alpha < 1$) είναι ο παράγοντας εξομάλυνσης. Όσο μεγαλύτερη είναι α , τόσο περισσότερο ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη την D_t για την εκτίμηση της επόμενης περιόδου. Χρησιμοποιώντας τις E_t και E'_t χρονοσειρές, ο αλγόριθμος παράγει την προβλεπόμενη ζήτηση των πελατών ως εξής:

$$a_t = E_t + (E_t - E'_t) = 2E_t - E'_t \quad (3)$$

και

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (E_t - E'_t) \quad (4)$$

Η πρόβλεψη μ_t^s για τη ζήτηση των πελατών της περιόδου $t + 1$ θα είναι $\mu_t^s = a_t + b_t$. Τέλος, η εκτίμηση της ζήτησης των πελατών για τις επόμενες περιόδους l θα είναι:

$$\hat{D}_t^l = (\max\{l - 1, 1\})^{\mu} \quad (5)$$

Αντίστοιχα, ο ίδιος αλγόριθμος χρησιμοποιείται για την αποθήκη, αντικαθιστώντας την ζήτηση

χρονοσειρών D_t στην εξίσωση (1) με τις παραγγελίες χρονοσειρών q_t^s των καταστημάτων. Η εκτίμηση της ζήτησης για τα καταστήματα σε L μελλοντικές περιόδους, στη συνέχεια, θα είναι:

$$\hat{D}_t^L = (\max\{L-1, 1\}) \mu_t^w \quad (6)$$

Χρησιμοποιούμε το μοντέλο πρόβλεψης Μπράουν, επειδή αυτό είναι που χρησιμοποιεί η εταιρεία της μελέτης και αυτό είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο πρόβλεψης.

Πολιτική αποθεμάτων: Τόσο το κατάστημα όσο και η αποθήκη χρησιμοποίησε μια απλή παραγγελία πολιτικής αποθεμάτων. Η σειρά πάνω απ το σημείο y_t^s για το κατάστημα έχει ως:

$$y_t^s = \hat{D}_t^L + z \hat{\sigma}_{et}^L \quad (7)$$

Με $\hat{\sigma}_{et}^L$ η τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης κατά τη διάρκεια των τελευταίων περιόδων p :

$$\hat{\sigma}_{et}^L = C_L \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{p-1} (D_{t-i} - \mu_{t-i}^s)^2}{p}} \quad (8)$$

Για λόγους απλότητας πήραν $C_L = 1$. Στα πειράματά που έκαναν, χρησιμοποίησαν $p = 10$ περιόδους. z ($z > 0$) στην (7) είναι γνωστή ως παράγοντας ασφάλειας και επιλέγεται ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών. Αντίστοιχα, το ανώτατο σημείο της αποθήκης θα είναι:

$$y_t^w = \hat{D}_t^L + z \hat{\sigma}_{et}^L \quad (9)$$

Και η τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης $\hat{\sigma}_{et}^L$ θα είναι

$$\hat{\sigma}_{et}^L = C_L \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{p-1} (q_{t-i}^s - \mu_{t-i}^w)^2}{p}} \quad (10)$$

Τοποθέτηση Παραγγελίας: Τόσο το κατάστημα όσο και η αποθήκη λειτουργούν σε περιοδική αναθεώρηση πολιτικής. Στο τέλος της περιόδου t , το υπολειπόμενο απόθεμα του καταστήματος θα είναι:

$$s = \max\{s, 0\} - (D - q) \quad (11)$$

Καλό θα ήταν να σημειωθεί, ότι η υπερβολική ζήτηση δεν μεταφέρεται στην επόμενη περίοδο. Λαμβάνοντας υπόψη το υπόλοιπο των αποθεμάτων και την πρόβλεψη ζήτησης, στο τέλος της περιόδου t , το κατάστημα τοποθετεί μια q_t^s παραγγελία στην κεντρική αποθήκη, έτσι ώστε:

$$q_t^s = \max \{y_t^s - \max \{s_t^s, 0\} + k\bar{D}_t^l, 0\} \quad (12)$$

Σε αντίθεση με τους Lee (1997) και Chen (2000), . Οι Kelepouris T. , Miliotis P. & Pramataris K. (2008) χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο κατά το οποίο οι παραγγελίες δεν μπορούν να είναι αρνητικές και δεν επιτρέπεται να επιστραφούν, εκτιμώντας ότι πρόκειται για ένα πιο ρεαλιστικό σενάριο για μια αλυσίδα εφοδιασμού λιανικής πώλησης ειδών παντοπωλείου. Επιπλέον, η σειρά καταστημάτων περιλαμβάνει μια πρόσθετη ποσότητα αποθεμάτων ασφαλείας, η οποία είναι ένα κλάσμα όπου k είναι ένας θετικός αριθμός του μέσου χρόνου παράδοσης της παραγγελίας σε στιγμή που η ζήτηση \bar{D}_t^l παρατηρείται τις τελευταίες περιόδους p :

$$\bar{D}_t^l = \max \{l-1, 1\} \left(\frac{\sum_{i=1}^p D_{t-i}}{p} \right) \quad (13)$$

Ο συντελεστής ασφάλειας που λαμβάνονται υπόψη στον όρο $\hat{\sigma}_{et}^l$ (9) από το y_t^s αποσκοπεί στην "προστασία" του καταστήματος από τις διακυμάνσεις της ζήτησης που θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένες προβλέψεις, ενώ το απόθεμα ασφαλείας $k\bar{D}_t^l$, στην εξίσωση (12), ελαχιστοποιεί την πιθανότητα έλλειψης αποθέματος λόγω μη παράδοσης από την αποθήκη. Η αλυσίδα εφοδιασμού, στην πραγματικότητα λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο. Κατά τον ίδιο τρόπο, η αποθήκη παρατηρεί το υπόλοιπο απόθεμα κατά το τέλος της περιόδου t :

$$s_t^w = \max \{s_{t-1}^w, 0\} - (q_t^r - q_{t-1}^w) \quad (14)$$

Και τοποθετεί την παραγγελία στον προμηθευτή q_t^w ως εξής:

$$q_t^w = \max \{y_t^w - \max \{s_t^w, 0\} + k\bar{D}_t^l, 0\} \quad (15)$$

Όπου η μέση ζήτηση \bar{D} , που η αποθήκη αντιμετωπίζει μετά το χρόνο παράδοσης της παραγγελίας L θα είναι:

$$\bar{D}_t^L = \left(\frac{\max \{L-1, 1\}}{\max \{l-1, 1\}} \right) \left(\frac{\sum_{i=1}^p q_{t-i}^s}{p} \right) \quad (16)$$

Το κατάστημα και οι αποθήκες κάνουν παραγγελίες κάθε $\max \{l-1, 1\}$ και $\{\max L-1, 1\}$ περιόδους, αντίστοιχα, δηλαδή δεν γίνεται παραγγελία, αν η προηγούμενη δεν έχει ακόμη

παραδοθεί.

Ανταλλαγή πληροφοριών: Στην περίπτωση ανταλλαγής πληροφοριών η αποθήκη έχει πρόσβαση στα δεδομένα ζήτησης των πελατών και, επομένως, μπορεί να παράγει πιο ακριβείς προβλέψεις. Σε αυτή την περίπτωση, η πρόβλεψη μ_t^w για τη ζήτηση των πελατών της περιόδου $t + 1$ θα προκύψουν από τις εξισώσεις 1 - 4, χωρίς αντικατάσταση της D_t στην (1), με τις παραγγελίες χρόνου q_t^s των καταστημάτων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ως εκ τούτου, θα είναι $\mu_t^w = \mu_t^s$. Η πρόβλεψη της ζήτησης που η αποθήκη θα αντιμετωπίσει σε L μελλοντικές περιόδους θα εξακολουθεί να παράγεται από την εξίσωση (6). Η τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης για την αποθήκη θα είναι ίση με εκείνη του καταστήματος και θα προκύψει από την εξίσωση (8). Επιπλέον, η μέση τιμή παράδοσης της παραγγελίας που η ζήτηση αντιμετωπίζει κατά τη διάρκεια των τελευταίων p περιόδων, \bar{D}_t^L θα πρέπει τώρα να βασίζεται σε δεδομένα ζήτησης και όχι στις παραγγελίες καταστημάτων:

$$\bar{D}_t^L = \left(\frac{\max\{L-1, 1\}}{\max\{p-1, 1\}} \right) \left(\frac{\sum_{i=1}^p D_{t-i}}{p} \right) \quad (17)$$

Ακολουθία ενεργειών: Κάθε $\max\{1-1, 1\}$ περιόδους, κατά το τέλος της περιόδου t το κατάστημα εκτιμά τη ζήτηση του χρόνου παράδοσης της παραγγελίας \bar{D}_t^L και υπολογίζει την παραγγελία πάνω από το σημείο y_t^s . Στη συνέχεια τοποθετεί την παραγγελία q_t^s στην αποθήκη, η οποία θα παραδοθεί στην αρχή της περιόδου $t + 1$. Κατά τον ίδιο τρόπο, κάθε $\max\{L-1, 1\}$ περιόδους, κατά το τέλος της περιόδου t , η αποθήκη εκτιμά τη ζήτηση του χρόνου παράδοσης της παραγγελίας \bar{D}_t^L και υπολογίζει την παραγγελία πάνω απ' το σημείο y_t^w . Στη συνέχεια τοποθετεί την παραγγελία q_t^w σε ένα φανταστικό προμηθευτή. Ο προμηθευτής θα παραδώσει την παραγγελία στην αρχή της περιόδου $t + L$. Σημειώνουμε ότι η αποθήκη δημιουργεί την πρόβλεψη της ζήτησης για το χρόνο παράδοσης \bar{D}_t^L αφού έχει ελέγξει την παραγγελία q_t^s από το κατάστημα, στην περίπτωση μη ανταλλαγής πληροφοριών.

Χρησιμοποιείται στο υπόδειγμα μία μορφή ψευδοαλγορίθμου. Χρησιμοποιείται η μέση ζήτηση των πρώτων 10 περιόδων \bar{D}_{1-10} για να προετοιμάσει τις μεταβλητές του μοντέλου. Η μελλοντική ζήτηση δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων, αλλά χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία που ήταν διαθέσιμα

εκ των προτέρων για την εκκίνηση του συστήματος. Η λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού θα πρέπει να διαμορφωθεί ως εξής:

Δεδομένα ζήτησης

Τα δεδομένα ζήτησης δόθηκαν από ελληνική εταιρεία λιανικού εμπορίου. Τα δεδομένα προήλθαν από τα στοιχεία POS, όπως καταγράφονται από τα καταστήματα. Τα στοιχεία αναφέρονται στη ζήτηση που παρατηρείται σε συγκεκριμένα καταστήματα για μια περίοδο 52 εβδομάδων, από τον Ιούλιο του 2003 έως τον Ιούνιο του 2004. Τα 48 προϊόντα, για τα οποία θα χρησιμοποιούνται δεδομένα, επιλέχθηκαν από την ποικιλία που η εταιρεία εμπορεύεται (περίπου 40.000 διαφορετικά προϊόντα) χρησιμοποιώντας ταξινόμηση ABC. Τα προϊόντα διανεμήθηκαν από τον όγκο των πωλήσεων σε είδη. Έχουν επιλεγεί 38 προϊόντα από την κατηγορία A, 7 από την κατηγορία B και 3 προϊόντα από την κατηγορία C. Η σύνθεση του δείγματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Η πλειοψηφία των προϊόντων του δείγματος βρίσκεται στην κατηγορία A, η οποία αποτελείται από ταχέως κινούμενα καταναλωτικά προϊόντα.

Πίνακας 1

Table 1
Product sample classification

Class	Amount of products in sample	Percentage in the sample (%)
A	38	80
B	7	14
C	3	6
Total	48	100

Προσομοιώθηκε η λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού για 52 περιόδους. Αν και είναι μια αλυσίδα εφοδιασμού πολλαπλών προϊόντων, οι προβλέψεις ζήτησης και οι αποφάσεις παραγγελίας γίνονται για κάθε προϊόν ξεχωριστά και ανεξάρτητα από τα άλλα προϊόντα. Στο τέλος κάθε πειράματος καταγράφηκαν οι τιμές των παραμέτρων που μελετήθηκαν και τις αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων που περιγράφονται παρακάτω, εκτός από τις τιμές των πρώτων 10 περιόδων για την προσομοίωση. Επαναλήφθηκαν τα ίδια πειράματα για όλα τα 48 προϊόντα. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να μελετήσουμε την επίδραση του χρόνου παράδοσης παραγγελίας 1, για αξίες 1-7 θα κάνουμε $7 \times 48 = 336$ πειράματα.

Στο τέλος του κάθε πειράματος καταγράφηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:

Εξομάλυνση μεταβλητότητας ζήτησης: Μετά από κάθε πείραμα το υπολογιστικό μοντέλο θα έχει παράξει τη χρονοσειρά παραγγελίας q_t^s του καταστήματος. Ορίζεται ως εξομάλυνση μεταβλητότητας της ζήτησης (DVA), ως ο λόγος της τυπικής απόκλισης της τάξης χρονοσειρών του

καταστήματος, προς στην τυπική απόκλιση του χρόνου ζήτησης της σειράς:

$$DVA = \frac{\sigma(q_t^s)}{\sigma(D_t)} \quad (18)$$

Ποσοστό συμπλήρωσης του Προϊόντος: Αυτό είναι το κλάσμα της ζήτησης του προϊόντος που καλύπτεται από προϊόντα στην αποθήκη, όπως ορίζεται από τους Chopra και Meindl. Για n περιόδους (στην περίπτωση μας $n = 52 - 10 = 42$) το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος θα είναι:

$$PFR(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \max\{D_i - y_{i-1}, 0\})}{\sum_{i=1}^n D_i} 100 \quad (19)$$

Μέσος κύκλος αποθέματος: Η τελευταία μέτρηση είναι το μέσο απόθεμα κύκλου (MCI) που κρατάνε τα καταστήματα και η αποθήκη σε περιόδους n, όπως ορίζεται από τους Chopra και Meindl. Η εξίσωση (20) δίνει το MCI για το κατάστημα. Το MCI για την αποθήκη υπολογίζεται με αντίστοιχο τρόπο:

$$MCI^s = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i^s + q_{i-1}^s)}{n} \quad (20)$$

Αποτελέσματα- Επιπτώσεις του χρόνου παράδοσης

Διεξήχθησαν πειράματα για $l = 1, 2, \dots, 7$ για όλα τα 48 προϊόντα (δηλαδή $7 \times 48 = 336$ πειράματα) και μελετήθηκαν το DVA και το ποσοστό συμπλήρωσης των προϊόντων για το κατάστημα. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων διατηρήθηκαν όλες οι άλλες παραμέτρους αμετάβλητες $\alpha = 0,5$, $p = 10$ περιόδους, $z = 2$, δεν απαιτείται επιπλέον απόθεμα ασφαλείας που πραγματοποιήθηκε σε ($k = 0$) και δεν υπάρχει ανταλλαγή πληροφοριών. Τα αποτελέσματά σε σχέση με τις επιπτώσεις του χρόνου παράδοσης παραγγελίας επιβεβαιώνουν τα ευρήματα των, Chen και Simchi-Levi και Zhao. Η αύξηση του χρόνου παράδοσης, αυξάνει την DVA στο κατάστημα ($p\text{-value} < 0,001$). Επιπλέον, διαπιστώθηκε, ότι η αύξηση του χρόνου παράδοσης της παραγγελίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του ποσοστού αναπλήρωσης του προϊόντος που επιτυγχάνει το κατάστημα ($p\text{-value} < 0,001$), ωστόσο, εξηγείται το μικρότερο ποσοστό διακύμανσης. Οι δοκιμές έδειξαν, ότι υπάρχει σημαντική αύξηση ($p\text{-value} < 0,001$) μεταξύ όλων των επτά ομάδων l σε σχέση με την DVA εκτός από την αύξηση των ομάδων $l = 1$ και $l = 2$ ($p\text{-value} = 0,581$). Η μείωση του ρυθμού αναπλήρωσης του προϊόντος μεταξύ των ομάδων είναι πολύ

λιγότερο σημαντική, με p να κυμαίνεται από 0,112 - 0,604.

Εκτός από την αύξηση της μέσης τιμής του DVA, διαπιστώθηκε, ότι υπάρχει μια αύξηση στην διακύμανση των τιμών DVA, όπως η αύξηση του χρόνου παράδοσης. Το τεστ του Levene για την ομοιογένεια επιβεβαιώνει την ετερογένεια των ομάδων σε σχέση με το χρόνο l (Levene στατιστική = 112.32, p -value <0,001). Η αύξηση της διακύμανσης της DVA για διαφορετικές τιμές του L αποδεικνύεται από την πυκνότητα του πυρήνα στο σχήμα. 2.

Σημειώνουμε ότι για $l = 1$ υπάρχει υψηλή συγκέντρωση των τιμών DVA γύρω στο 1,3. Δεδομένης της ετερογένειας των ομάδων, θα πραγματοποιηθούν επιπλέον ισχυρές δοκιμές για την ισότητα των μέσων για την επιβεβαίωση των ευρημάτων μας. Η επίδραση του χρόνου παράδοσης του DVA και του ποσοστού συμπλήρωσης εξακολουθεί να είναι σημαντική (p -value <0,001) (Πίνακας 3).

Πίνακας 3

Table 3
Robust tests of equality of means for DVA and fill rate

		Statistic (a)	df1	df2	Sig.
DVA	Welch	1007.541	6	417.242	0.000
	Brown-Forsythe	449.696	6	385.555	0.000
Fill rate	Welch	22.811	6	438.677	0.000
	Brown-Forsythe	21.427	6	744.573	0.000

a—Asymptotically F distributed.

Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της αύξησης του χρόνου παράδοσης στο απόθεμα ασφαλείας, το πείραμα πραγματοποιήθηκε επανειλημμένα για διαφορετικές τιμές του συντελεστή ασφαλείας αποθεμάτων k (εξίσωση 12) που κυμαίνονται από 0 έως 2,5. Ξανά πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα για τρεις τιμές του χρόνου παράδοσης $l = 1, 3$ και 5. Το Σχήμα 3 δείχνει τις τιμές του μέσου ποσοστού πλήρωσης των προϊόντων, που το κατάστημα κατάφερε κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης για τις διάφορες τιμές των k και l .

Η αύξηση του ποσοστού πλήρωσης προϊόντος καθώς αυξάνεται το k δεν είναι σημαντικό εύρημα, καθώς αυτός είναι ο σκοπός του συντελεστή k . Το αξιοσημείωτο εύρημα είναι ότι όσο το l αυξάνεται, το κατάστημα χρειάζεται περισσότερο απόθεμα ασφαλείας για να επιτευχθεί το ίδιο ποσοστό πλήρωσης του προϊόντος. Για παράδειγμα, προκειμένου να επιτευχθεί ένα ποσοστό πλήρωσης 95% στις περιπτώσεις $l = 1, 3$ και 5 το κατάστημα χρειάζεται $k = 0,5, 0,9$ και 1,3, αντίστοιχα.

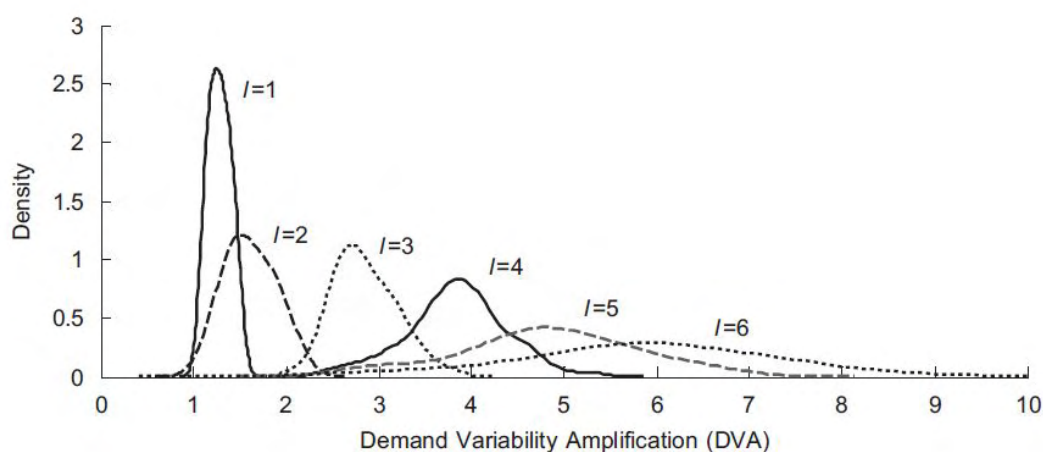
Πίνακας 2

Table 2
ANOVA results for the impact of lead time on DVA and fill rate at the store

DVA		Number of obs = 336 Root MSE = 1.14271		<i>R</i> -squared = 0.7727 Adj <i>R</i> -squared = 0.7685	
Source	Partial SS	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i> -value > <i>F</i>
Model	1460.07089	6	243.345148	186.36	0.0000
Lead	1460.07089	6	243.345148	186.36	0.0000
Residual	429.601587	329	1.3057799		
Total	1889.67247	335	5.64081335		

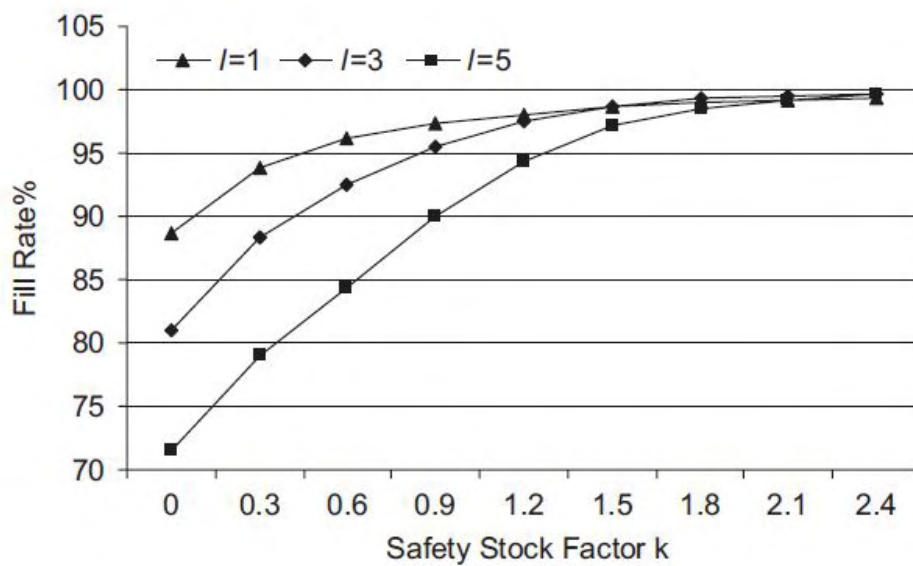
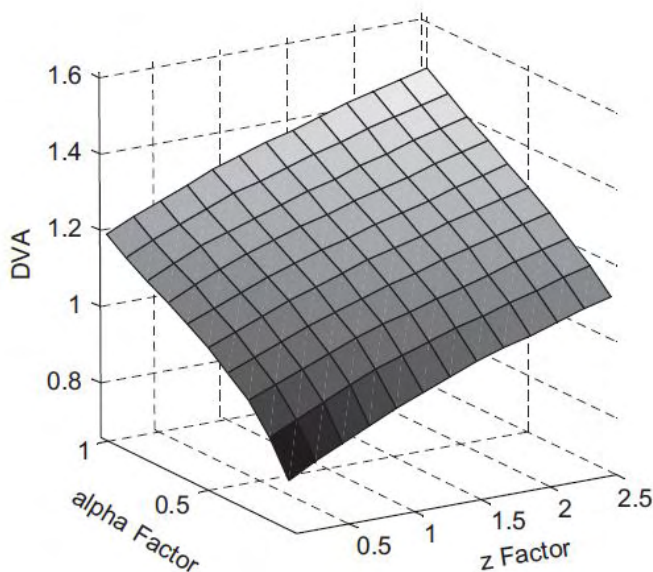
Fill rate		Number of obs = 336 Root MSE = 14.3888		<i>R</i> -squared = 0.0863 Adj <i>R</i> -squared = 0.0696	
Source	Partial SS	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i> -value > <i>F</i>
Model	6431.11638	6	1071.85273	5.18	0.0000
Lead	6431.11638	6	1071.85273	5.18	0.0000
Residual	68115.4015	329	207.037695		
Total	74546.5179	335	222.526919		

Σχήμα 2: Demand Variability Amplification (DVA), Εξομάλυνση μεταβλητότητας ζήτησης



Επιρροή εκθετικής εξομάλυνσης (α) και παράγοντας ασφάλειας (z)

Τα σενάρια προσομοίωσης επανειλημμένα έχουν υπολογιστεί για πέντε τιμές του εκθετικού παράγοντα εξομάλυνσης ($\alpha = 0, 1, 0,3, \dots, 0,9$) και εννέα τιμές του συντελεστή αποθεμάτων ασφαλείας ($z = 0, 1, 0,4, \dots, 2,5$). Έχουμε ένα σύνολο $5 \times 9 \times 48 = 2160$ -1 βαθμούς ελευθερίας. Και πάλι, οι άλλες παράμετροι διατηρούνται αμετάβλητες κατά τη διάρκεια των πειραμάτων: ο χρόνος l έχει οριστεί ίσος με 1, $p = 10$ περίοδοι, δεν κρατείται απόθεμα ασφαλείας ($k = 0$) και δεν λαμβάνει χώρα καμία ανταλλαγή πληροφοριών. Τα αποτελέσματα δείχνουν, ότι η αύξηση της αξίας είτε του α ή του z , δεν έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση του DVA ($p\text{-value} < 0,001$). Αντίθετα, το προϊόν αz δεν έχει καμία επίπτωση στην DVA ($p\text{-value} = 1$).

Σχήμα 3: Ποσοστό προϊόντος ως συνάρτηση του k και l Σχήμα 4: DVA ως συνάρτηση των α και z 

Το σχήμα 4 δείχνει αύξηση του DVA ως συνάρτηση των α και z . Ομοίως, η αύξηση είτε του α ή του z έχει σημαντική επίδραση στην αύξηση του ποσοστού πλήρωσης που το κάθε κατάστημα επιτυγχάνει κατά τη διάρκεια του πειράματος (p -value < 0.001). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι η στατιστική F για το α είναι μικρότερη από το z , αλλά ακόμα στατιστικά σημαντική.

Οι εκ των υστέρων δοκιμές επιβεβαιώνουν, ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική (p -value < 0.001)

αύξηση στις τιμές των DVA όταν αυξάνονται οι τιμές των α και z . Λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό πλήρωσης, οι εκ των υστέρων έλεγχοι επιβεβαιώνουν, ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική (p -value $< 0,001$) αύξηση του ποσοστού πλήρωσης όσο αυξάνεται ο z παράγοντας. Ωστόσο, η αύξηση του ποσοστού πλήρωσης δεν είναι στατιστικά σημαντική σε όλες τις ομάδες των τιμών του παράγοντα α . Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη σχετικά μικρή αξία της στατιστικής F στην ανάλυση διακύμανσης, ενισχύει περαιτέρω την ανησυχία μας για την ακριβή επίπτωση του παράγοντα εξομάλυνσης α , στο ποσοστό πλήρωσης (Πίνακας 3).

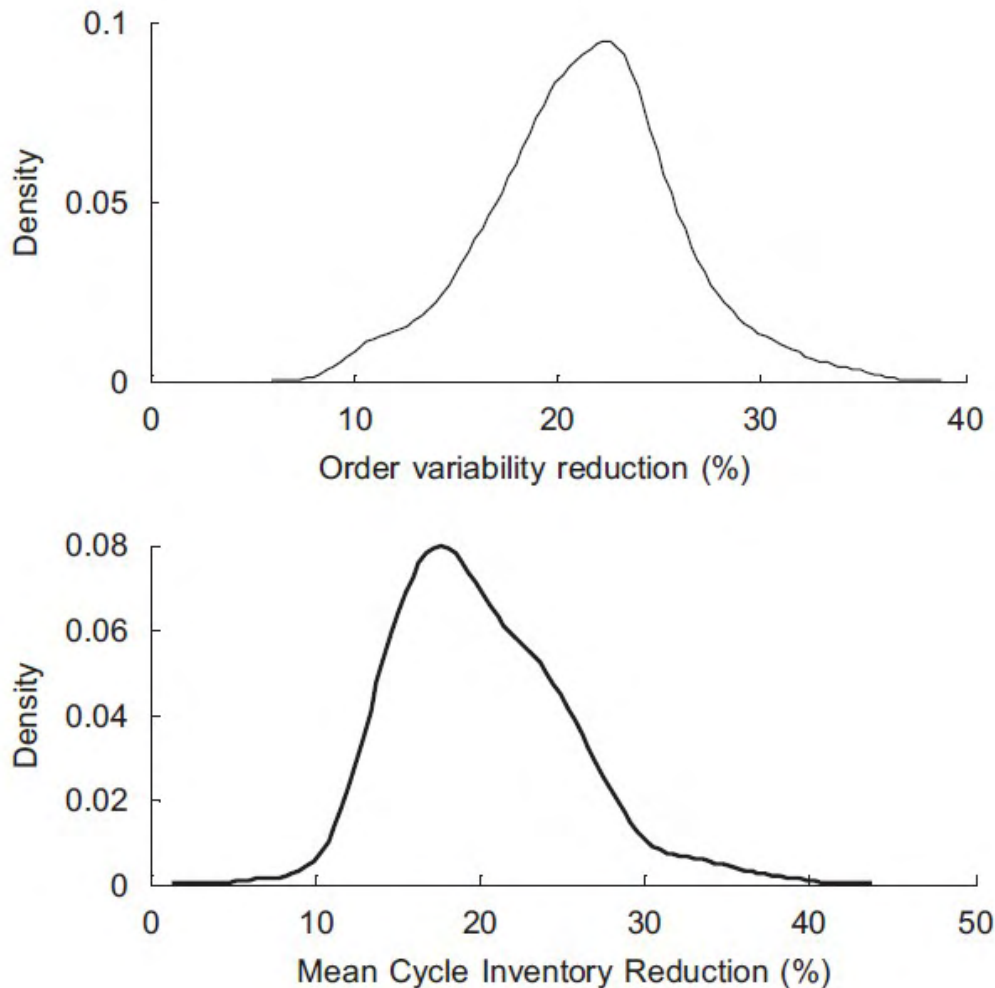
Πίνακας 3

Table 4
ANOVA results for the impact of α and z on DVA and fill rate

DVA		Number of obs = 2160 Root MSE = 0.12292		R -squared = 0.6067 Adj R -squared = 0.5985		
Source	Partial SS	df	MS	F	p -value > F	
Model	49.2861749	44	1.12014034	74.14	0.0000	
alpha	31.42605	4	7.85651249	519.98	0.0000	
z	17.7266317	8	2.21582896	146.65	0.0000	
alpha* z	0.13349326	32	0.004171664	0.28	1.0000	
Residual	31.9561454	2115	0.015109289			
Total	81.2423203	2159	0.037629606			

Fill rate		Number of obs = 2160 Root MSE = 4.57553		R -squared = 0.3062 Adj R -squared = 0.2917		
Source	Partial SS	df	MS	F	p -value > F	
Model	19538.0112	44	444.04571	21.21	0.0000	
alpha	2977.86603	4	744.466508	35.56	0.0000	
z	16198.7008	8	2024.8376	96.72	0.0000	
alpha* z	361.444375	32	11.2951367	0.54	0.9839	
Residual	44278.446	2115	20.9354355			
Total	63816.4572	2159	29.5583405			

Σχήμα 5: Διαγράμματα πυκνότητας για την μεταβλητότητα της παραγγελίας και τη μείωση του MCI (μέσος κύκλος αποθέματος)



Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές πειραμάτων, προκειμένου να μελετηθούν οι επιπτώσεις της ανταλλαγής πληροφοριών, στην διακύμανση παραγγελίας της αποθήκης και στον μέσο κύκλο απογραφής που κατέχει η αποθήκη κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Κάθε σετ αποτελείται από 48 πειράματα, ένα για κάθε προϊόν. Στην πρώτη σειρά πειραμάτων δεν χρησιμοποιείται η ανταλλαγή πληροφοριών, ενώ στη δεύτερη σειρά πειραμάτων χρησιμοποιούμε ανταλλαγή πληροφοριών. Οι παράμετροι συμπλήρωσης είναι ίδιες και για τις δύο ομάδες: $\alpha = 0,5$, $z = 2$, $k = 0$, $l = 1$, $L = 2$, $p = 10$ περίοδοι. Μετράμε τον αντίκτυπο ανταλλαγής πληροφορήσης για τη μείωση της μεταβλητότητας, παρατηρώντας της μείωσης της τυπικής απόκλισης των παραγγελιών της αποθήκης. Η μείωση μεταβλητότητας παραγγελίας (OVR) Order variability reduction έχει ως εξής:

$$OVR = \frac{\sigma(q_t^{w,O}) - \sigma(q_t^{w,IS})}{\sigma(q_t^{w,O})} 100\% \quad (21)$$

όπου οι εκθέτες ο και IS αποτελούν την κανονική λειτουργία και την ανταλλαγή πληροφοριών. Θα μπορούσαμε να μετρήσουμε την DVA στην αποθήκη αντί για την τυπική απόκλιση των παραγγελιών, αλλά στην περίπτωση αυτή η μείωση διακύμανσης τάξης θα δώσει το ίδιο αποτέλεσμα. Αντίστοιχα, μετράμε τη μείωση του μέσου κύκλου αποθεμάτων MCI reduction (εξίσωση 20):

$$MCI_{reduction} = \frac{MCI^{w,O} - MCI^{w,IS}}{MCI^{w,O}} 100\% \quad (22)$$

Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η ανταλλαγή πληροφοριών οδήγησε σε 21% μείωση της μεταβλητότητας παραγγελίας της αποθήκης, κατά μέσο όρο, και σε 20% μείωση του μέσου κύκλου αποθεμάτων, κατά μέσο όρο. Ο πυρήνας πυκνότητας της μείωσης της DVA και της μείωσης της MCI αποδεικνύεται στο Σχήμα 5. Τα αποτελέσματα καθιστούν σαφές, ότι η διαθεσιμότητα των πληροφοριών σχετικά με τις πωλήσεις στην αποθήκη κατέστησε δυνατόν, η αποθήκη να μειώσει σημαντικά τις παραγγελίες της καθώς και τον μέσο κύκλο αποθεμάτων της. Και στις δύο περιπτώσεις, η αποθήκη επιτυγχάνει ποσοστά πλήρωσης του προϊόντος, πάνω από 97% για όλα τα προϊόντα.

4.2.3 Συμπεράσματα της έρευνας

Είναι σαφές από τα αποτελέσματα, ότι η αύξηση του χρόνου παράδοσης έχει σημαντική επίπτωση στην αποτελεσματική λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού. Το κατάστημα υποφέρει από μεγάλες διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού ανεφοδιασμού του προϊόντος και υπάρχει ανάγκη για αυξημένο απόθεμα ασφαλείας για την αντιμετώπιση της ζήτησης. Στο γεγονός ότι για μεγαλύτερες τιμές χρόνου το κατάστημα παράγει προβλέψεις ζήτησης λιγότερο ακριβείς, αυτό αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες του αποτελέσματος bullwhip. Η δυσκολία για παραγωγή ακριβών προβλέψεων αποδεικνύεται και από την αυξανόμενη διακύμανση ενίσχυσης της μεταβλητότητας ζήτησης, όπως και του χρόνου παράδοσης. Η πρόβλεψη της ζήτησης είναι πιο εύκολη στην περίπτωση σύντομου χρόνου παράδοσης, από ό, τι σε περιπτώσεις μεγαλύτερων χρόνων. Ωστόσο, για μεγαλύτερους χρόνους, κάποιες σειρές ζήτησης προϊόντων επιτρέπουν στο κατάστημα να παράγει ακριβείς προβλέψεις, διατηρώντας το DVA σε χαμηλά επίπεδα, ενώ άλλες

προβλέψεις είναι πιο δύσκολο να γίνουν, με αποτέλεσμα λιγότερο ακριβείς προβλέψεις. Σύντομοι χρόνοι παράδοσης είναι ουσιαστικής σημασίας για την αποτελεσματική λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού όσον αφορά την ομαλή σειρά τάξης και τα χαμηλά επίπεδα αποθεμάτων.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των επιπτώσεων της εκθετικής εξομάλυνσης και των παραγόντων ασφαλείας για την DVA δείχνουν, ότι η αύξηση είτε της εξομάλυνσης ή του συντελεστή ασφαλείας έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των διακυμάνσεων παραγγελιών. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της αναλυτικής προσέγγισης των Chen (2009) σχετικά με τον αντίκτυπο της εκθετικής τεχνικής εξομάλυνσης στην επίδραση bullwhip. Η αύξηση του ποσοστού πλήρωσης του προϊόντος ως παράγοντας ασφάλειας z , μεγαλώνει σε κάποιο βαθμό. Λάβαμε υπόψη τα τρέχοντα στατιστικά αποτελέσματα για τη σημασία των επιπτώσεων του εκθετικού παράγοντα εξομάλυνσης και το ποσοστό πλήρωσης του προϊόντος. Το συμπέρασμα ήταν, ότι η βέλτιστη τιμή από άποψη του ρυθμού αναπλήρωσης του προϊόντος ποικίλει μεταξύ των προϊόντων, ανάλογα με τη φύση της σειράς της ζήτησής τους.

Αυτό αντικατοπτρίζεται και στα αποτελέσματα των δοκιμών, που δεν παρουσιάζουν καμία σημαντική διαφορά μεταξύ κάποιων ομάδων, όσον αφορά τον αντίκτυπο στο ποσοστό πλήρωσης του προϊόντος. Κατά συνέπεια, σε ορισμένες περιπτώσεις, η αύξηση του παράγοντα εξομάλυνσης, οδηγεί στην αύξηση του ποσοστού πλήρωσης προϊόντος, αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα, οι διαχειριστές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τον αντίκτυπο των δύο παραγόντων στην παραγγελία, την επίδραση του παράγοντα ασφάλειας για το ποσοστό συμπλήρωσης του προϊόντος και τη βέλτιστη τιμή που πρέπει να λάβει σχετικά με την πολιτική αναπλήρωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Ουσιαστικά, η απόφαση πρέπει να ληφθεί μεταξύ της αυξημένης μεταβλητότητας, μαζί με τις συνέπειές της, και το βελτιστοποιημένο ποσοστό συμπλήρωσης του προϊόντος.

Δεδομένα ζήτησης ανταλλαγής πληροφοριών επιτρέπουν στην αποθήκη να μειώσει σημαντικά τις ταλαντώσεις στις παραγγελίες και τον μέσο κύκλο αποθεμάτων. Η ανταλλαγή πληροφοριών επιτρέπει στην αποθήκη να παράγει πιο ακριβείς προβλέψεις και ως εκ τούτου να μειώσει τα αποτελέσματα bullwhip και τα επίπεδα αποθεμάτων. Επιπλέον, η ανταλλαγή πληροφοριών επιτρέπει στην αποθήκη να παρακάμψει τις λανθασμένες πληροφορίες που προκαλούνται από την ορθολογική συμπεριφορά του προηγούμενου κόμβου της αλυσίδας, δηλαδή απ' το κατάστημα.

Η ανταλλαγή πληροφοριών επέτρεψε στην αποθήκη να ανταποκρίνεται πιο αποτελεσματικά και αποδοτικά και αποδείχθηκε, ότι είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για να δαμάσει κανείς το αποτέλεσμα bullwhip. Αποδίδουμε την διακύμανση της μείωσης των DVA και του κύκλου

αποθεμάτων σε διαφορετικά πρότυπα της σειράς ζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα. Ωστόσο, πειράματα με περισσότερα από τα 48 προϊόντα που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μελέτη θα απαιτούνταν για να έχουμε μια σαφέστερη εικόνα για τις επιπτώσεις των διαφορετικών μοντέλων της ζήτησης για τους παράγοντες απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

4.3 Τρίτη έρευνα: των Mohammad M.A. , Boylan J.E. Syntetos A.A.,(2012)

4.3.1 Σκοπός της έρευνας

Το θέμα αυτής της εργασίας ήταν τα λάθη πρόβλεψης και η απόδοση αποθεμάτων υπό την ανταλλαγή πληροφοριών πρόβλεψης. Συγκεκριμένα διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ των επιδόσεων πρόβλεψης και των επιπτώσεων αποθέματος στο πλαίσιο μίας διαδικασίας ARIMA αναπαράστασης της ζήτησης. Δύο ξεχωριστά σενάρια ενσωματώνονται στην ανάλυσή μας: Η Ανταλλαγή πληροφοριών πρόβλεψης (FIS) και Καμία Ανταλλαγή Πληροφοριών (NIS), σε μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο σταδίων. Προσεγγίζεται το πρόβλημα αναλυτικά με τη βοήθεια προσομοίωσης. Η εγκυρότητα των θεωρητικών αποτελεσμάτων εκτιμάται σε ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων πωλήσεων από ένα μεγάλο ευρωπαϊκό πολυκατάστημα..

Σε αυτή την εργασία, διερευνάται, σε μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο σταδίων, η σχέση μεταξύ ακρίβειας προβλέψεων και αποθεμάτων, καθώς και οι παράγοντες από τους οποίους, η σχέση αυτή εξαρτάται. Έχει αναλυθεί μια αλυσίδα εφοδιασμού με ένα μέλος σε κάθε στάδιο, ένας λιανοπωλητής και ένας κατασκευαστής. Οι ερευνητές παίρνουν ως δεδομένο μια διαδικασία ζήτησης ARIMA στο λιανοπωλητή και επικεντρώνονται σε τρεις στάσιμες διαδικασίες, δηλαδή τις $AR(1)$, $MA(1)$, και $ARMA(1,1)$. Αυτές οι διεργασίες είναι διαδοσόμενες στα βιομηχανικά δεδομένα πωλήσεων και, μπορούν επίσης να αντιπροσωπεύουν συλλογικά περισσότερο από το ήμισυ της σειράς διαθέσιμων στοιχείων για τους σκοπούς της έρευνας.

Δύο ξεχωριστά σενάρια ενσωματώθηκαν στην ανάλυσή τους : η Ανταλλαγή Πληροφοριών πρόβλεψης (FIS) και Καμία Ανταλλαγή Πληροφοριών (NIS) μεταξύ του λιανοπωλητή και του κατασκευαστή. Στο σενάριο NIS, ο λιανοπωλητής δεν μοιράζεται οποιαδήποτε πληροφορία με τον κατασκευαστή. Αντιθέτως, στο σενάριο FIS, ο λιανοπωλητής μοιράζεται τις προβλέψεις του με τον κατασκευαστή. Οι παραγγελίες προς προμηθευτές, στη συνέχεια, γίνονται με βάση τις κοινές τους προβλέψεις. Οι δύο προσεγγίσεις συγκρίνονται με τον υπολογισμό της ακρίβειας της πρόβλεψης, των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση (inventory holdings) και του

κόστους αποθεμάτων.

4.3.2 Ανάλυση της έρευνας

Στη μελέτη αυτή, γίνεται η υπόθεση, ότι οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να υιοθετήσουν μία από τις δύο στρατηγικές. Μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο σταδίων θεωρείται και η πρώτη στρατηγική και δεν συνεπάγεται ανταλλαγή πληροφοριών με τα υπόλοιπα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού. Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής, τα μέλη βασίζονται στις προβλέψεις τους σχετικά με τις παραγγελίες που λαμβάνονται από τα μεταγενέστερα μέλη και όχι από τους μηχανισμούς κατανομής πληροφοριών που απασχολούνται. Αυτό ονομάζεται προσέγγιση χωρίς Ανταλλαγή Πληροφοριών (NIS).

Εναλλακτικά, οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να υιοθετήσουν μια στρατηγική ανταλλαγής πληροφοριών. Η πρακτική της ανταλλαγής ονομάζεται, Point of Sales (POS). Η κοινή χρήση των δεδομένων POS επιτρέπει στα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως στον κατασκευαστή, να αποκτήσουν πρόσβαση στη ζήτηση που παρατηρείται από το μεταγενέστερο μέλος, όπως ένα λιανοπωλητή. Υπό αυτές τις συνθήκες, τόσο ο πωλητής, όσο και ο κατασκευαστής είναι σε θέση να παράγουν προγνώσεις, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία POS. Οι Ali και Boylan (2010, 2011) υποστήριξαν, ότι αν ο στόχος της κοινοχρησίας των δεδομένων είναι η δημιουργία προβλέψεων, θα ήταν πιο λογικό για το λιανοπωλητή να κρατήσει τα στοιχεία για τον εαυτό του, παρά να χρησιμοποιήσει τα στοιχεία POS. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται προσέγγιση για την Ανταλλαγή Πληροφοριών Πρόβλεψης (FIS), σύμφωνα με την οποία ο πωλητής και ο κατασκευαστής χρησιμοποιούν τις ίδιες προβλέψεις για να κάνουν παραγγελίες. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με δύο τρόπους, είτε να μοιράζονται τις προβλέψεις ο λιανοπωλητής με τον κατασκευαστή ή να παράγουν ενιαίες προβλέψεις σε συνεργασία.

Μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας

Θεωρούμε μια αλυσίδα εφοδιασμού με δύο επίπεδα, που αποτελείται από ένα μέλος, π.χ. τον κατασκευαστή, και ένα άλλο μέλος, π.χ. έναν λιανοπωλητή, και ασχολούμαστε με τη ροή ενός προϊόντος από τον κατασκευαστή, στον λιανοπωλητή.

Η διαχείριση των αποθεμάτων και των δύο διέπεται από την εφαρμογή της περιοδικής πολιτικής αναπλήρωσης του αποθέματος. Σε αυτό το σύστημα, η θέση του αποθέματος (το οποίο περιλαμβάνει το υπάρχων απόθεμα + τις προγραμματισμένες παραλαβές – τις επιστροφές) το οποίο συγκρίνεται με ένα δεδομένο προκαθορισμένο επίπεδο ανώτατου αποθέματος (order up to level ή OUT), και έχει γίνει τότε παραγγελία έτσι ώστε να φέρει αυτή τη θέση μέχρι το καθορισμένο

επίπεδο. Ο χρόνος αναπλήρωσης της παραγγελίας, από τον εξωτερικό προμηθευτή στον κατασκευαστή και από τον κατασκευαστή στον λιανοπωλητή, είναι σταθερός, και συμβολίζεται με L . Ο κατασκευαστής αναλαμβάνει ένα κόστος "ποινής" (penalty) όταν υπάρχει επιστροφή παραγγελίας, και ένα κόστος εκμετάλλευσης διαφορετικά. Έτσι, το κόστος αποθέματος είναι ένα σύνολο του κόστους εκμετάλλευσης (holding) και "ποινής".

Το επίπεδο OUT ενημερώνεται κάθε περίοδο, προκειμένου να ελαχιστοποιήσει το κόστος αναμενόμενης και της επιστροφής παραγγελίας, και το επίπεδο αυτό υπολογίζεται ως το άθροισμα της αναμενόμενης ζήτησης κατά το χρονικό περιθώριο συν το απόθεμα ασφαλείας.

Σε αυτή την εργασία, αντλούνται εκφράσεις για την υπό όρους προσδοκία της ζήτησης του χρόνου παράδοσης της παραγγελίας, για τις τρεις διεργασίες: $AR(1)$, $MA(1)$ και $ARMA(1, 1)$. Είναι μια γενική έκφραση της υπό όρους προσδοκίας για $ARIMA$ διαδικασίες.

Η πρόβλεψη ακριβείας εκτιμάται χρησιμοποιώντας το μέσο άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων (MSE). Αυτό επιτρέπει μια θεωρητική ανάλυση που πρέπει να διεξαχθεί, και τα αποτελέσματα στη συνέχεια να δοκιμαστούν σε πραγματικά δεδομένα. Τα εμπειρικά αποτελέσματα εκφράζονται σε όρους ποσοστού βελτιώσεων, και ως εκ τούτου δεν είναι ασύμμετρα από τα συνήθη προβλήματα εξάρτησης κλίμακας του μέτρου MSE .

AR(1) διαδικασία

Ξεκινάμε την ανάλυσή μας με την παραδοχή, ότι η διαδικασία ζήτησης ακολουθεί μια διαδικασία $AR(1)$. HD_t είναι η ζήτηση που παρατηρήθηκε από τον λιανοπωλητή τη χρονική στιγμή t :

$$D_t = \tau + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

όπου τ είναι μια σταθερά ($\tau > 0$), ρ είναι η αυτοπαλίνδρομη παράμετρος και ε_t είναι η κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση σ^2 .

Καταρχάς, περιγράφεται η διαδικασία παραγγελίας του λιανοπωλητή. Στο τέλος της περιόδου t (έχει εξαχθεί από την D_t) ο έμπορος ελέγχει τη θέση του αποθέματος και τοποθετεί μια τάξη μεγέθους Y_t με τον κατασκευαστή, προκειμένου να αναπληρωθούν τα αποθέματά τους. Ο λιανοπωλητής θα λάβει την παραγγελία στην αρχή της χρονικής περιόδου $t+L+1$. Στη συνέχεια, ο κατασκευαστής χειρίζεται τη διαδικασία παραγγελίας του ως εξής. Στο τέλος της χρονικής περιόδου t , ο κατασκευαστής λαμβάνει και αποστέλλει την απαιτούμενη ποσότητα της παραγγελίας Y_t στον λιανοπωλητή. HS_t ($t = 1, 2, 3, \dots$) υποδηλώνει την παραγγελία του λιανοπωλητή πάνω από ένα επίπεδο κατά την περίοδο t . Η ποσότητα της παραγγελίας Y_t δίδεται από:

$$Y_t = D_t + (S_t - S_{t-1}). \quad (2)$$

Οι Lee et al.(2000) έχουν δείξει, ότι όταν η ζήτηση ακολουθεί μια $AR(1)$ διαδικασία (εξίσωση (1)),

ο ζήτηση του χρόνου παράδοσης μπορεί να αντιπροσωπεύεται από:

$$\sum_{i=1}^{L+1} D_{t+i} = \frac{1}{1-\rho} \left\{ \tau \sum_{i=1}^{L+1} (1-\rho^i) + \rho(1-\rho^{L+1}) D_t \right\} + \varepsilon_{t+L+1} + (1+\rho)\varepsilon_{t+L} + \dots + (1+\rho+\rho^2+\dots+\rho^j)\varepsilon_{t+L} \quad (3)$$

Επίσης έδειξαν, ότι η δεσμευμένη μέση τιμή και η υπό συνθήκη διακύμανση της συνολικής ζήτησης κατά το χρονικό περιθώριο που δίνεται από τις εξισώσεις. (4) και (5), αντιστοίχως είναι:

$$E\left(\sum_{i=1}^{L+1} D_{t+i} | D_t\right) = \frac{\tau}{1-\rho} \left\{ (L+1) - \sum_{j=1}^{L+1} \rho^j \right\} + \frac{\rho(1-\rho^{L+1})}{1-\rho} D_t \quad (4)$$

$$Var\left(\sum_{i=1}^{L+1} D_{t+i} | D_t\right) = \frac{\sigma^2}{(1-\rho)^2} \sum_{j=1}^{L+1} (1-\rho^j)^2 \quad (5)$$

Όταν η πληροφορία διαχέεται στην αλυσίδα εφοδιασμού (Πρόβλεψη Ανταλλαγής πληροφοριών-FIS), η δεσμευμένη μέση τιμή και η υπό συνθήκη διακύμανση της ζήτησης του χρόνου παράδοσης του κατασκευαστή δίνονται από τις εξισώσεις. (4) και (5) αντιστοίχως.

Ο μέσος όρος των αποθεμάτων εκμεταλλεύσεις σύμφωνα με την περιοδική πολιτική αναπλήρωσης, προσεγγίζεται από την ακόλουθη εξίσωση (Silver, Pyke, & Peterson, 1998):

$$\tilde{I}_t \approx T_t - E\left(\sum_{i=1}^{L+1} Y_{t+i}\right) + \frac{E(Y_t)}{2} \quad (6)$$

- όπου \tilde{I}_t είναι το κατά προσέγγιση μέσο απόθεμα και T_t είναι η παραγγελία πάνω απ' το επίπεδο του κατασκευαστή. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση, οι Lee, So & Tang(2000). "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain", Management Science, 46, (5), pp. 626-643

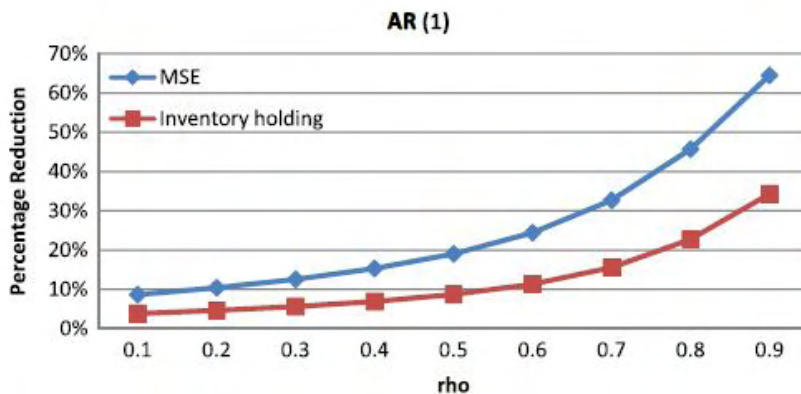
(2000) έδειξαν ότι, μία διαδικασία AR(1) για τον λιανοπωλητή, και μία διαδικασία ARMA (1, 1), για τον κατασκευη, τα επίπεδα των αποθεμάτων κατά τον κατασκευαστή υπό τις FIS και NIS προσεγγίσεις δίνονται από τις εξισώσεις. (7) και (8), αντιστοίχως:

$$I^{FIS} = \frac{\tau}{2(1-\rho)} + K\xi\sqrt{V^{FIS}} \quad (7)$$

$$I^{NIS} = \frac{\tau}{2(1-\rho)} + K\xi\sqrt{V^{NIS}} \quad (8)$$

όπου V^{FIS} και V^{NIS} είναι η διακύμανση της ζήτησης του χρόνου παράδοσης βάσει των κατανομών Πρόβλεψης Διάχυσης Πληροφορίας FIS και Χωρίς διάχυση πληροφορίας NIS, αντίστοιχα.

Σχήμα 1: Αναλυτικά αποτελέσματα: ποσοστιαία μείωση του MSE και των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της προσέγγισης NIS για τη διαδικασία AR (1).



Η μείωση των αποθεμάτων κατά τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της προσέγγισης NIS δίδεται από:

$$I^{NIS} - I^{FIS} = K\xi \left(\sqrt{V^{NIS}} - \sqrt{V^{FIS}} \right) \quad (9)$$

MA(1) διαδικασία

Σε αυτή την υποενότητα, υποθέτουμε ότι η ζήτηση του λιανοπωλητή ακολουθεί μια διαδικασία MA(1), και δίνεται από:

$$D_t = \tau + \varepsilon_t - \theta\varepsilon_{t-1}, \quad (10)$$

με την σημειογραφία να παραμένει η ίδια όπως και στην προηγούμενη ενότητα.

Στο πλαίσιο της στρατηγικής NIS, ο κατασκευαστής θα τηρήσει την ακόλουθη διαδικασία ζήτησης:

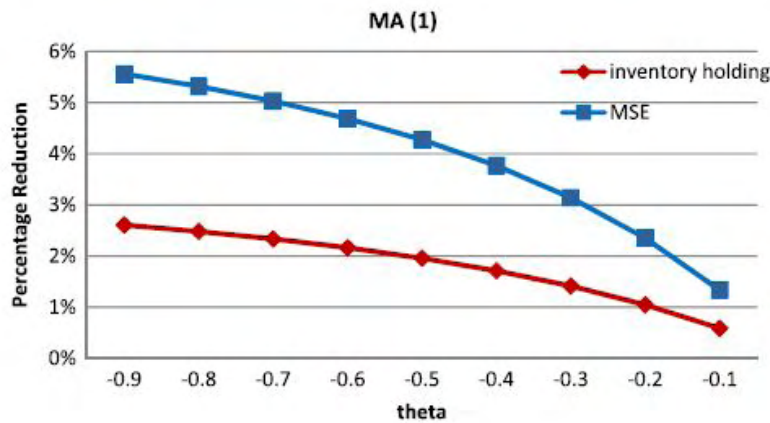
$$Y_t = \tau + \alpha_t. \quad (11)$$

Χρησιμοποιώντας την αναδρομική σχέση στην Εξίσωση 11, ο επικεφαλής της ζήτησης του χρόνου παράδοσης στη συνέχεια δίνεται από:

$$\sum_{i=1}^{L+1} Y_{t+i} = \tau(L+1) + \sum_{i=1}^{L+1} \alpha_{t+i} \quad (12)$$

Οι ποσοστιαίες μειώσεις των MSE και η των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση (inventory holdings) που προκύπτει από τη χρήση FIS αντί της προσέγγισης NIS, στο πλαίσιο της διαδικασίας MA(1) απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 2.

Σχήμα 2: Αναλυτικά αποτελέσματα: ποσοστιαία μείωση του MSE και την των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της NIS για τη διαδικασία MA(1).



Διαδικασία ARMA (1, 1)

Σε αυτή την υποενότητα, γίνεται η υπόθεση, ότι η ζήτηση του λιανοπωλητή ακολουθεί μία διαδικασία ARMA (1, 1) και δίνεται ως εξής:

$$D_t = \tau + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t - \theta \varepsilon_{t-1} \quad (13)$$

Σύμφωνα με τον Zhang (2004), μία διαδικασία ζήτησης ARMA (1, 1) για τον λιανοπωλητή θα μεταφραστεί σε μία διαδικασία ζήτησης ARMA (1,1) για τον κατασκευτή, όταν χρησιμοποιούνται η περιοδική πολιτική αποθεμάτων (order-up-to level) και το σύστημα πρόβλεψης MMSE.

Στον Πίνακα 1, φαίνεται (σύμφωνα με το αποτέλεσμα bullwhip) το MSE και τη μείωση των αποθεμάτων που προκύπτουν από την απασχόληση της προσέγγισης FIS, για μια σειρά παραμέτρων ζήτησης.

Πίνακας 1: Αναλυτικά αποτελέσματα: Ποσοστιαία μείωση MSE και την των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της NIS για την διαδικασία ARMA (1,1).

Table 1
Analytical results: Percentage decrease in MSE and inventory holdings from using the FIS instead of the NIS approach for an ARMA(1, 1) process.

Inventory holdings					
θ	ρ				
	-0.50	-0.25	0.25	0.5	0.75
-0.75	0.6	1.3	4.2	8	19.3
-0.5		0.8	3.8	7.5	18.6
-0.25			3.1	6.8	17.7
0.25				3.9	14.2
0.50					10.2
MSE					
θ	ρ				
	-0.50	-0.25	0.25	0.5	0.75
-0.75	1.3	2.8	9	16.7	37.6
-0.5		1.8	8.2	15.9	36.9
-0.25			6.9	14.8	35.8
0.25				9.1	31.4
0.50					24.9

Στην ενότητα αυτή, λήφθηκαν υπόψη αναλυτικά οι ιδιότητες του MSE και τα αποθέματα που σχετίζονται με τις τρεις διεργασίες ζήτησης ARIMA με δύο πιθανές στρατηγικές εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή την FIS και την NIS. Προσεγγίστηκε η μείωση του MSE και των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση (inventory holdings) που προκύπτουν από την FIS προσέγγιση σε σχέση με την NIS. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν σαφώς, ότι οι μειώσεις των MSE και των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση εξαρτώνται από τη διαδικασία ζήτησης και τις παραμέτρους ζήτησης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, για ένα ορισμένο ποσοστό μείωσης των MSE, το ποσοστό μείωσης στα υπάρχοντα κρατηθέντα αποθέματα προς εκμετάλλευση είναι περίπου το ίδιο, ανεξάρτητα από τη διαδικασία της ζήτησης.

Μελέτη Προσομοίωσης

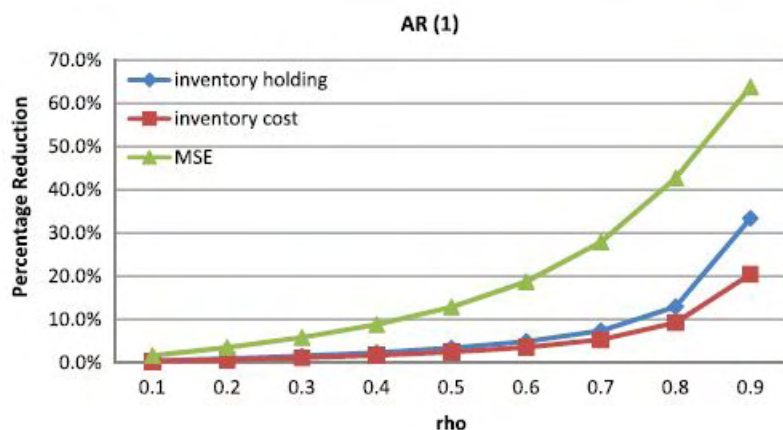
Στην ενότητα αυτή, εξετάζεται το κόστος αποθεμάτων. Για τους σκοπούς του πειράματος μας, υποθέτουμε, ότι η τιμή της διακύμανσης (σε όρο θορύβου (noise term) της ζήτησης), είναι 50. Επιπλέον, υποθέτουμε, ότι ο χρόνος παράδοσης στην εφοδιαστική αλυσίδα, είναι 12 περίοδοι. Όσον αφορά το κόστος των αποθεμάτων, το κόστος εκμετάλλευσης (holding cost) θεωρείται ότι είναι 4%

του κόστους ελλείψεων του αποθέματος.

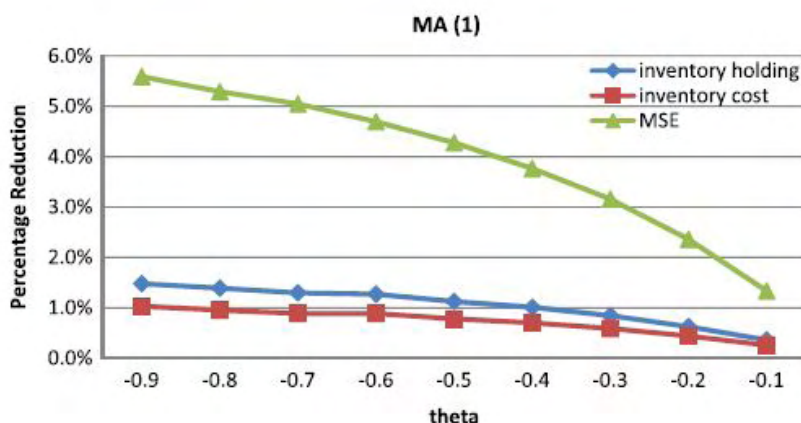
Αποτελέσματα της προσομοίωσης

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης συνοψίζονται στα Σχήματα 3 και 4 και στον Πίνακα 2. Αναφέρεται ποσοστιαία μείωση του MSE, των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους αποθεμάτων, ως αποτέλεσμα χρησιμοποίησης της FIS αντί της προσέγγισης NIS, για τις τρεις διαδικασίες της ζήτησης.

Σχήμα 3: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης: ποσοστιαία μείωση του MSE, των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους αποθεμάτων από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της NIS για τη διαδικασία AR(1).



Σχήμα 4: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης: ποσοστιαία μείωση του MSE, των υπάρχοντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους αποθεμάτων από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της NIS για τη διαδικασία MA(1).



Πίνακας 2: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης: Ποσοστιαίες μειώσεις του MSE, των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους αποθεμάτων από τη χρήση της προσέγγισης FIS αντί της NIS με την διαδικασία ARMA (1,1).

Inventory holdings					
θ	ρ				
	-0.50	-0.25	0.25	0.5	0.75
-0.75	0.3	0.8	2.4	4.3	10.3
-0.5		0.5	2.1	4.1	10.2
-0.25			1.8	3.9	10.0
0.25				2.4	9.0
0.50					7.7
MSE					
θ	ρ				
	-0.50	-0.25	0.25	0.5	0.75
-0.75	1.3	2.8	9	16.8	37.8
-0.5		1.8	8.2	16.0	37.1
-0.25			6.9	14.8	36.1
0.25				9.1	31.6
0.50					25.1
Inventory cost					
θ	ρ				
	-0.50	-0.25	0.25	0.5	0.75
-0.75	0.2	0.5	1.6	3.0	7.3
-0.5		0.3	1.5	2.9	7.1
-0.25			1.3	2.8	7.0
0.25				1.8	6.7
0.50					6.1

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν τρία πράγματα. Πρώτον, ο βαθμός βελτίωσης της ακρίβειας εξαρτάται από τη διαδικασία ζήτησης και τις παραμέτρους της ζήτησης. Είναι σαφές, ότι δεν μπορούν να επιτευχθούν πολύ μεγαλύτερες βελτιώσεις στην ακρίβεια και στο απόθεμα για την διαδικασία AR (1) από ό, τι για τη διαδικασία MA(1), με την εισαγωγή Πρόβλεψης διάχυσης πληροφοριών FIS. Είναι επίσης προφανές ότι, οι αυτοπαλίνδρομες παράμετροι έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση. Υψηλότερες τιμές αυτής της παραμέτρου, τόσο για διαδικασίες AR (1) όσο και για ARMA (1, 1), αντιστοιχούν σε μεγαλύτερα κέρδη ακριβείας όσο και εξοικονόμηση αποθεμάτων. Δεύτερον, τα ποσοστά μείωσης των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση είναι γενικά μικρότερα από ό, τι τα ποσοστιαία κέρδη στο MSE. Αυτά τα ευρήματα είναι συνεπή με

την προηγούμενη μαθηματική ανάλυση. Τρίτον, οι μειώσεις στο συνολικό κόστος των αποθεμάτων (κρατώντας επιπλέον το κόστος ποινής (penalty) είναι γενικά μικρότερες από την εξοικονόμηση των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση. Αυτό συμβαίνει επειδή το κόστος ποινής είναι σχετικά ανεπηρέαστο από την πρόβλεψη ανταλλαγής πληροφοριών.

Εμπειρική Ανάλυση

Στην ενότητα αυτή, αξιολογείται η εμπειρική εγκυρότητα και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αναλυτικά αποτελέσματα και οι προσομοιώσεις έδειξαν ότι, ανεξάρτητα από τη διαδικασία της ζήτησης, υπάρχει μια σαφής σχέση μεταξύ της μείωσης του MSE και της μείωση των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους.

Τα εμπειρικά δεδομένα και τα στοιχεία της προσομοίωσης

Το σύνολο των δεδομένων ζήτησης, αποτελείται από εβδομαδιαία στοιχεία πωλήσεων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δύο ετών για 1.798 μονάδες διατηρούμενων αποθεμάτων (αποθηκευτικές μονάδες) ενός σημαντικού Ευρωπαϊκού σούπερ μάρκετ που βρίσκεται στη Γερμανία. Η μέση ζήτηση σε κάθε σειρά κυμαίνεται μεταξύ 44,6 και 813,5 μονάδων, με το συνολικό μέσο όρο να είναι 61,9 μονάδες.

Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι ούτε κόστη προϊόντων ή χρόνου παράδοσης έχουν διατεθεί για τους σκοπούς της μελέτης μας. Και οι δύο, και το κόστος του προϊόντος και οι χρόνοι παράδοσης έχει αποδειχθεί ότι έχουν σημαντική επίδραση στην συνολική απόδοση του συστήματος αποθεμάτων, σύμφωνα με τους Catt, Barbour, & Robb (2008) και Robb&Silver, (2006).

Έχει χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Time Series Expert Modelling function of PASW για τον προσδιορισμό της διαδικασίας ζήτησης ARIMA για κάθε σειρά και τον υπολογισμό των σχετικών παραμέτρων. Διαπιστώθηκε ότι περισσότερο από το ήμισυ της σειράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις διαδικασίες που λαμβάνονται υπόψη στην έρευνά μας. Συγκεκριμένα, το 30,3% της σειράς (544 σειρές) βρέθηκαν να είναι ARIMA (1,0,0), το 13% (233 σειρές) είναι ARIMA (0,0,1) και το 8,6% (154 σειρές) ARIMA (1,0,1). Δύο άλλες συναντώνται με διαδικασίες ARIMA (0,0,0), το 16,3% της σειράς και ARIMA (0,1,1) το 23,7% της σειράς.

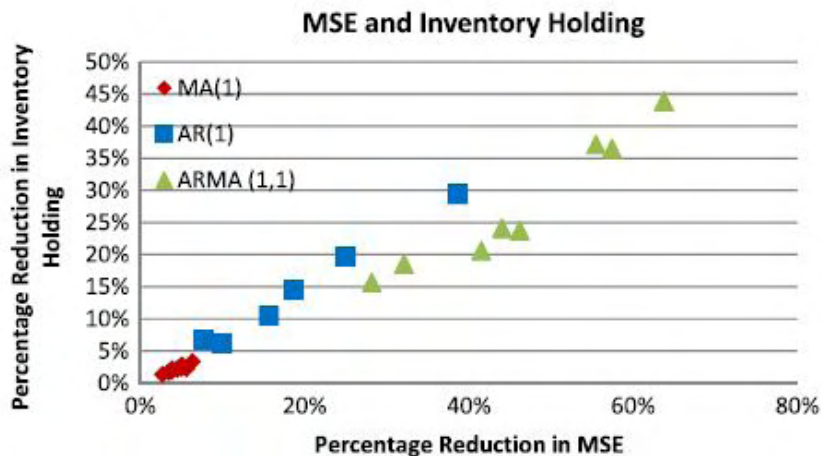
Η εμπειρική μελέτη τους βοηθά να καθοριστεί η σχέση μεταξύ του MSE, των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και το κόστος αποθέματος με τα πραγματικά δεδομένα. Χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία στην προηγούμενη ενότητα, παρήχθησαν προβλέψεις πωλήσεων που χρησιμοποιούν και τις δύο προσεγγίσεις: Χωρίς Ανταλλαγή πληροφοριών και ανταλλαγή πληροφοριών πρόβλεψης. Επειδή καμία πληροφορία σχετικά με τα κόστη του προϊόντος, τους χρόνους παράδοσης ή το μοντέλο αποθεμάτων που

χρησιμοποιείται στην πράξη, έχει παρασχεθεί, διατηρούμε τις παραδοχές που κάναμε στο θεωρητικά πείραμα δεδομένων. Οι τιμές του MSE, των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστος αποθεμάτων υπολογίζονται με βάση το τι θα μπορούσε να επιτευχθεί αν οι προβλέψεις είχαν δημιουργηθεί με τη χρήση αυτών των δεδομένων για τις πωλήσεις. Για κάθε διαδικασία ζήτησης, τα αποτελέσματα ταξινομούνται ανάλογα με το ποσοστό μείωσης των MSE. Αυτά στη συνέχεια χωρίζονται σε διάφορα τμήματα για διαφορετικές τιμές του ποσοστού μείωσης του MSE.

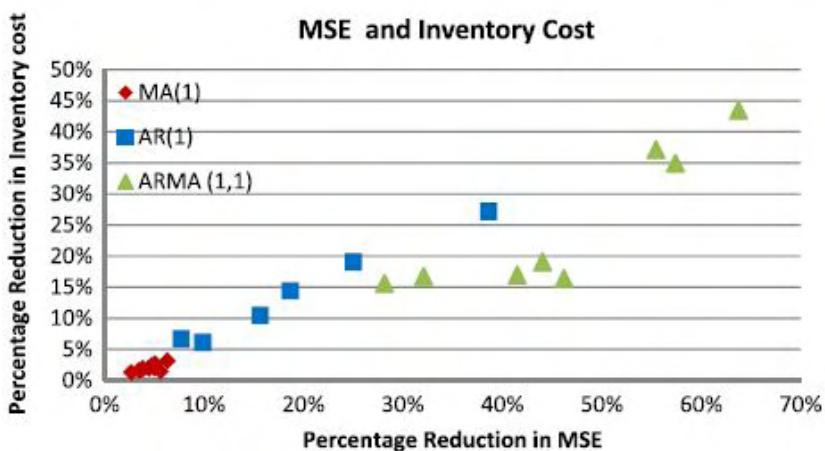
4.3.3 Συμπεράσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα δείχνουν, ότι η ανταλλαγή πληροφοριών οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις στο MSE, ιδιαίτερα για μία διαδικασία AR(1) στο κατάστημα, επιβεβαιώνοντας προηγούμενα ευρήματα από τους Lee, So & Tang (2000). Ωστόσο, οι μειώσεις του MSE για MA(1) διαδικασίες βρέθηκαν να είναι πιο ήπιες. Η ανάλυση του ARMA (1, 1) δείχνει μειώσεις του MSE μεταξύ εκείνων που επέτυχαν για τις διαδικασίες AR (1) και MA(1). Τα πορίσματα σχετικά με τις διαδικασίες MA(1) και ARMA (1, 1) αποτελούν νέα αποτελέσματα στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Τα αναλυτικά πορίσματα δείχνουν, ότι η ανάλυση βελτιώσεων του MSE στα αποθηκευμένα αποθέματα, είναι ανεξάρτητη της υποκείμενης ζήτησης. Μεγαλύτερες μειώσεις στο MSE συνεπάγεται μεγαλύτερες μειώσεις στην εκμετάλλευση αποθεμάτων και του κόστους. Η εγκυρότητα τόσο των θεωρητικών αποτελεσμάτων, όσο και της προσομοίωσης αξιολογείται χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων από ένα μεγάλο ευρωπαϊκό πολυκατάστημα.. Τα αποτελέσματα της εμπειρικής ανάλυσης δείχνουν σαφώς, ότι οι μειώσεις του MSE θα οδηγήσουν σε μείωση των των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και το κόστος αποθεμάτων. Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης, ότι η σχέση εξαρτάται από την αξία των παραμέτρων της ζήτησης, και είναι σύμφωνα με το αποτέλεσμα του θεωρητικού πειράματος που δημιουργείται από τα δεδομένα της προσομοίωσης.

Σχήμα 5: Σχέσεις μεταξύ ποσοστιαίων μειώσεων των MSE και των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση που προκύπτει από την απασχόληση της προσέγγισης FIS για τις τρεις διαδικασίες ζήτησης.



Σχήμα 6: Σχέσεις μεταξύ ποσοστιαίων μειώσεων των MSE και των δαπανών αποθεμάτων που προκύπτουν από την απασχόληση της προσέγγισης FIS για τις τρεις διαδικασίες ζήτησης



Αυτά τα ευρήματα επιβεβαιώνουν γενικά τα αναλυτικά αποτελέσματα και τις προσομοιώσεις. Πρώτον, οι MA (1) διαδικασίες εμφανίζουν πολύ μικρές βελτιώσεις στην εκμετάλλευση αποθεμάτων (inventory holdings) και το κόστος από τη χρήση της προσέγγισης FIS. Η AR (1) διαδικασία, από την άλλη πλευρά, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες βελτιώσεις. Φαίνεται ότι τα συμπεράσματα για την ARMA (1, 1) διαδικασία έρχονται σε αντίθεση με τα προηγούμενα αποτελέσματα, που δείχνουν ακόμα μεγαλύτερες βελτιώσεις από τη διαδικασία AR(1). Ωστόσο,

αυτό μπορεί να εξηγηθεί από μια μεγαλύτερη υπεροχή της ARMA (1, 1) σε σειρές με υψηλές αυτοπαλίνδρομες παραμέτρους, με πλήρες εύρος, που είναι 0,73 έως 0,98, σε σύγκριση με AR (1) της σειράς που κυμαίνεται από 0,1 έως 0,84.

Δεύτερον, η κλίμακα εξοικονόμησης εκμετάλλευσης αποθεμάτων (inventory holdings) βρέθηκε να είναι μικρότερη από εκείνη της μείωσης των MSE. Η σχέση μεταξύ των MSE και της εκμετάλλευσης αποθεμάτων (inventory savings) επιβεβαιώνεται, με την εξοικονόμηση που καθορίζεται κυρίως από τις μειώσεις στις MSE. Η διαδικασία ζήτησης φαίνεται να έχει σχετικά μικρή επίδραση, αν και οι κρατήσεις (savings) για τη διαδικασία ARMA (1, 1) είναι μικρότερες από εκείνες που αντιστοιχούν στην AR (1), με ποσοστό μείωσης του MSE μεταξύ 30% και 50%. Η εξοικονόμηση του κόστους των αποθεμάτων είναι περίπου η ίδια με εκείνη της εκμετάλλευσης αποθεμάτων (inventory holdings).

Η απόδοση ενός συστήματος πρόβλεψης μετράται συνήθως με διάφορα μέτρα σφάλματος πρόβλεψης, όπως το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) και το μέσο άθροισμα των τετραγώνων του σφάλματος (MSE). Ένας σημαντικός παράγοντας που ένας οργανισμός πρέπει να εξετάσει, όταν προσπαθεί να βελτιώσει το σύστημα πρόβλεψης του, είναι η χρήση μετρήσιμων και ουσιαστικών μέτρων πρόγνωσης ακρίβειας που μπορεί να συνδέεται με κόστος. Στο έγγραφο αυτό, εξετάστηκε η κλίμακα των αποταμιεύσεων των αποθεμάτων ανάλογα με τον βαθμό βελτίωσης ακρίβειας της πρόβλεψης. Η επίδραση του βαθμού ακριβείας της πρόβλεψης στα αποθέματα είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα.

Αυτή η μελέτη, καθορίζει τις σχέσεις μεταξύ των προβλέψεων ακριβείας και των αποθεμάτων προς εκμετάλλευση (inventory holdings) κόστους για τρεις διαδικασίες της ζήτησης: AR (1), MA (1) και ARMA (1, 1). Από τη σκοπιά της διαχείρισης αποθεμάτων, είναι σημαντικό να εξετάσουμε τί εξοικονόμηση κόστους αποθεμάτων θα μπορούσε να προκληθεί, με ένα συγκεκριμένο ποσοστό μείωσης του σφάλματος πρόβλεψης. Οι οργανισμοί μπορούν να προσομοιώνουν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των αποθηκευτικών μονάδων και να καθορίσουν τη σχέση μεταξύ των προβλέψεων ακριβείας και του κόστους αποθεμάτων για το μοντέλο της εφοδιαστικής αλυσίδας τους. Η σχέση αυτή βέβαια είναι ανεξάρτητη από την διαδικασία της ζήτησης, και τα αποτελέσματα του δείγματος SKU θα μπορούσαν στη συνέχεια να γενικευθούν για το υπόλοιπο της SKUs. Αυτά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κόστους της βελτιωμένης μεθόδου πρόβλεψης.

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί σε αυτή τη μελέτη, ότι η ανταλλαγή πληροφοριών στις προβλέψεις έχουν μεγάλες δυνατότητες για να βελτιωθεί η ακρίβεια πρόβλεψης (για μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο

επιπέδων, π.χ. του λιανοπωλητή και του κατασκευαστή). Ωστόσο, η βελτίωση αυτή εξαρτάται τόσο από τη διαδικασία της ζήτησης όσο και των παραμέτρων της ζήτησης του λιανοπωλητή. Η επεξήγηση στην εξοικονόμηση αποθεμάτων (inventory savings) έχει αναλυθεί για τρεις κοινές διαδικασίες ζήτησης και τα θεωρητικά αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν από την εμπειρική ανάλυση. Ο περιορισμός της ανάλυσής τους μόνο στις τρεις διαδικασίες μπορεί να εκληφθεί ως οριοθέτηση της μελέτης τους. Ωστόσο, η πλειοψηφία της σειράς ζήτησης σε εμπειρικά δεδομένα, εκπροσωπείται από τις τρεις αυτές μεθόδους ζήτησης. Μία περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να αναλύσει άλλες διαδικασίες ζήτησης, όπως μία διαδικασία ARIMA (0, 1, 1).

Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκε το φαινόμενο Bullwhip που παρατηρείται κατά μήκος των τροφοδοτικών αλυσίδων και η αξία της πολύπλευρης ανταλλαγής πληροφοριών στην μείωση των διακυμάνσεων παραγγελιών και κατ' επέκταση στην αποτελεσματικότερη διαχείριση τόσο των πολιτικών αποθεμάτων όσο και ολόκληρης της τροφοδοτικής αλυσίδας.

Η έκρηξη της εύκολης διάθεσης των πληροφοριών τα τελευταία χρόνια έδωσε στους ενεργούς παίκτες της τροφοδοτικής αλυσίδας πολλές δυνατότητες και ευκαιρίες να πετύχουν βελτιώσεις στην απόδοση της. Καθώς η γνώση είναι δύναμη, οι πληροφορίες είναι δύναμη στις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι σχετιζόμενες με τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας πληροφορίες, παρέχουν στους λήπτες αποφάσεων τη δύναμη να επιβιώσουν μέσα στον σκληρό ανταγωνισμό, την εξουσία να διευθύνουν μια επιχείρηση ομαλά και αποτελεσματικά, και την εξουσία να επιτύχουν σε ένα ολοένα και πιο σύνθετο περιβάλλον. Η προκείμενη εργασία συμβάλλει στην ευκολότερη συνειδητοποίηση των ακριβή λόγων για τους οποίους οι πληροφορίες διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αναλυτικότερα στο πρώτο κεφάλαιο μελετήσαμε την βαρυσήμαντη συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην αποτελεσματικότερη SCM επισημαίνοντας τα πλεονεκτήματα της καθώς και τις διάφορες σκοπιές των πληροφοριών που ανταλλάσσονται όπως επίσης και τη ροή τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύσαμε το φαινόμενο bullwhip (BWE) εκτενώς με εστίαση του ενδιαφέροντος στα αίτια του φαινομένου καθώς και στη μέτρησή του κατά την οποία διαφαίνεται η πολλαπλασιαστική φύση του. Στο τρίτο κεφάλαιο επικεντρώσαμε την προσοχή μας στη συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην εξάλειψη του BWE από διάφορες πλευρές όπως αυτή των αποθεμάτων, της ζήτησης και των προβλέψεων. Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο έγινε μια εκτενής ανάλυση κάποιων σημαντικών ενδεικτικών εμπειρικών μελετών που εστιάζουν στη συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών, από διαφορετικές πλευρές, στην μείωση του BWE και κατ' επέκταση στην αποδοτικότερη διαχείριση της τροφοδοτικής αλυσίδας.

Στην πρώτη έρευνα που μελετήσαμε τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι όσο μικρότερος είναι ο χρόνος, τόσο λιγότερο απόθεμα ασφαλείας είναι απαραίτητο για να επιτευχθεί ένα επιθυμητό επίπεδο ποσοστού πλήρωσης του προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό μια εταιρεία μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά κόστη εκμετάλλευσης, χωρίς να θυσιάζει το κόστος των πωλήσεων.

Επιπλέον, παρέχεται ένα πλαίσιο για το σχεδιασμό μιας αποτελεσματικής πολιτικής αναπλήρωσης,

τόσο σε στρατηγικό, όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο. Τα ευρήματά αποδεικνύουν την επίδραση των βασικών παραμέτρων της εφοδιαστικής αλυσίδας για την ενίσχυση της μεταβλητότητας της παραγγελίας, το ποσοστό αναπλήρωσης του προϊόντος και τα επίπεδα αποθεμάτων. Μια εταιρεία μπορεί να αξιολογήσει τα παραπάνω για τις αποφάσεις της.

Τέλος, τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη μελέτη αυτή έχουν κάποιους σημαντικούς περιορισμούς. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση λαμβάνει υπόψη μόνο τον αλγόριθμο πρόβλεψης του Μπράουν. Παρά το γεγονός ότι το μοντέλο Μπράουν μπορεί να μην είναι το βέλτιστο εργαλείο πρόβλεψης, δηλαδή, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που θα έχουν καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά τη στατιστική έννοια του όρου, είναι ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην πράξη. Επιπλέον, η μελέτη και τα αποτελέσματά μας αφορούν κατά κύριο λόγο, προϊόντα του λιανικού εμπορίου τροφίμων. Φυσικά, η λειτουργία μιας πραγματικής αλυσίδας εφοδιασμού είναι πολύ πιο περίπλοκη από ό, τι περιγράφεται στο μοντέλο αυτό.

Στη δεύτερη έρευνα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ανταλλαγή πληροφοριών είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για τη σημαντική μείωση των διακυμάνσεων και του επιπέδου αποθεμάτων σε ανώτερους κόμβους αλυσίδας εφοδιασμού. Οι μελλοντικές εργασίες στον τομέα αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνουν μία περαιτέρω έρευνα για το πώς η φύση της σειράς ζήτηση των προϊόντων επηρεάζει τις αποφάσεις σχετικά με τις παραμέτρους αναπλήρωσης σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα bullwhip και τα ποσοστά αναπλήρωσης των προϊόντων.

Η πολιτικής σχεδιασμού αναπλήρωσης αποτελεί βασική δραστηριότητα στον τομέα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι τιμές των συγκεκριμένων παραμέτρων αναπλήρωσης έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο αποτέλεσμα bullwhip. Πράγματι, όπως οι Chen,Ryan&Simchi-Levi(2000). παρατήρησαν, τόσο οι χρόνοι παράδοσης όσο και οι παράμετροι πρόβλεψης έχουν άμεσο αντίκτυπο στην έκταση της ενίσχυσης μεταβλητότητας σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στην τρίτη έρευνα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ακριβές κέρδος της ανταλλαγής πληροφοριών πρόβλεψης εξαρτάται από τη διαδικασία ζήτησης. Η εξοικονόμηση αποθεμάτων εξαρτάται από την ακρίβεια μεγέθους βελτίωσης της πρόβλεψης, ανεξάρτητα από τη διαδικασία της ζήτησης. Επιπλέον, η εμπειρική ανάλυση που διενεργήθηκε στη μελέτη αυτή βασίστηκε σε δεδομένα από ένα μεγάλο ευρωπαϊκό σούπερ μάρκετ ειδών παντοπωλείου. Περαιτέρω εμπειρικές ενδείξεις μπορούν να παρέχουν γνώσεις σχετικά με το φαινόμενο, και η μελέτη θα μπορούσε να ενισχυθεί με την ανάλυση εμπειρικών δεδομένων από άλλες βιομηχανίες. Επιπλέον, η ανάλυση έχει περιοριστεί

από την έλλειψη διαθεσιμότητας του πραγματικού κόστους και των πληροφοριών του χρόνου. Επιπρόσθετη εμπειρική έρευνα που βασίζεται σε πραγματικά στοιχεία κόστους και χρόνων φαίνεται επίσης να μπορεί να γίνει. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, για μαθηματική απλότητα, οι χρόνοι παράδοσης έχει υποτεθεί, ότι είναι ίδιοι και για τους δύο κόμβους της αλυσίδας εφοδιασμού. '

Τέλος, σε αυτή την έρευνα έχει ληφθεί υπόψη μόνο ένα μέτρο πρόβλεψης σφαλμάτων: το MSE. Για να υπάρξει γνώση σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σχέση μεταξύ των προβλέψεων ακριβείας και του κόστους αποθεμάτων, είναι επιτακτική η ανάγκη για ανάλυση περισσότερων μέτρων σφάλματος πρόβλεψης. Τέλος, η μεταβλητότητα της ζήτησης έχει ληφθεί υπόψη χωρίς να ενσωματωθεί πρόβλεψη μεροληψίας (bias). Αυτό είναι ένα σημαντικό ζήτημα, σύμφωνα με και μια ενδιαφέρουσα προοπτική για περαιτέρω έρευνα θα ήταν να μοντελοποιηθούν οι επιπτώσεις των προβλέψεων μεροληψίας στις τρεις μετρήσεις απόδοσης, του MSE, των υπαρχόντων κρατηθέντων αποθεμάτων προς εκμετάλλευση και του κόστους αποθεμάτων.

Βιβλιογραφία

- Ali M.M, Boylan J.E. Syntetos A.A, (2012). Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing, *International Journal of Forecasting*, 28, pp. 830–841
- Blinder AS (1981). Retail inventory behavior and business fluctuations. *Brookings Papers Econom. Activity*, 2, pp. 443–520.
- Cachon, G. and Fisher M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information, *Management Science*, 8, pp. 1032–1048.
- Cachon, G.P., Randall, T., Schmidt, G.M., (2007). In search of the Bullwhip-effect. *Manufacturing and Service Operations Management*, 9(4), PP. 457–479.
- Cachon G.P., Fisher M., (2000). Supply chain inventory management and the value of shared informatio, *Management Science*, 46 (8) ,pp. 1032–1048
- Cao Q, Baker J., Schniederjans D., (2014). “Bullwhip effect reduction and improved business performance through guanxi: An empirical study”, *Int. J. Production Economics* 158, pp 217–23
- Carroll V., Lee H.L., and Rao A.G., (1986). Implications of Salesforce Productivity, Heterogeneity and Demotivation: A Navy Recruiter Case Study, *Management Science*, 32, (11),pp. 1371- 1388.
- Caplin AS, (1985). The variability of aggregate demand with (S1 s) inventory policies. *Econometrica* 53, pp.1395–1409.
- Chandra C., Grabis J., (2005). Application of multi-steps forecasting for restraining the bullwhip effect and improving inventory performance under autoregressive demand, *European Journal of Operational Research* 166, pp. 337–350
- Chatfield D. C., Kim J. G., Harrison T. P., Hayya J. C, (2004). The Bullwhip Effect—Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality, and Information Sharing, *A Simulation Study*", *Production and Operations Management*, 4, pp. 340–35\
- Chatfield D. C., Pritchard A. M., (2013). Returns and the bullwhip effect, *Transportation Research Part E* (49) ,pp. 159–175
- Chen F, J.K. R, Simchi-Levi D. (2000). The Impact of Exponential Smoothing Forecasts on the Bullwhip Effect Decision .*Sciences Department, National University of Singapore Naval*

Research Logistics 47, pp

- Chen L, Lee H. L.(2009). Information Sharing and Order Variability Control Under a Generalized Demand Model, *Management Science*, 55, pp. 781–797
- Chen L., Lee H. L., (2012). Bullwhip Effect Measurement and Its Implications, 4, pp. 771–784
- Chen F, Drezner Z , Jennifer K. Simchi R.D., (2000). Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information, *Management Science*, 46(3) , pp. 436-443
- Childhouse P., Towill D.R, (2003). Simplified material flow holds the key to supply chain integration, *Omega* ,31(1), pp.17–27.
- Croson R, Donohue K. (2003). The impact of POS data sharing on supply chain management: an experimental study. *Production and Operations Management* 12, pp. 1–11.
- Croson R, Donohue K. (2004). Behavioral causes of the bullwhip and the observed value of inventory information.
- Croson, D. (2005). Downstream vs upstream information and its impact on the BE ,*System Dynamics Review* 21,(3), pp. 249–260
- Disney, S.M., Towill, D.R., (2003), On the bullwhip and inventory variation produced by an ordering policy. *Omega: The International Journal Of Management Science* , 31, pp. 3
- Dhahri I., Chabchoub H., (2007). Nonlinear goal programming models quantifying the bullwhip effect in supply chain based on ARIMA parameter ,*European Journal of Operational Research* 177 ,pp 1800–1810.
- Dobos I., (2011). The analysis of bullwhip effect in a HMMS-type supply chain, *Int. J. Production Economics* 131, pp 250–256
- Duc T., Ton H., Luong H. T., Kim Y. D.,(2008). A measure of bullwhip effect in supply chains with a mixed autoregressive-moving average demand process, *European Journal of Operational Research* 187 ,pp 243–256
- Feldmann M., Mrller S., (2003) An incentive scheme for true information providing in supply chains, *OMEGA* 31 (2),pp 63–73.
- Fangruo C., (2001). Information Sharing and Supply Chain Coordination”A.G. de Kok and S.C. Graves, Eds., Handbooks in OR & MS, 11
- Forester J, (1961), *Industrial dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, Wiley, New York

- Forslund, H.; Jonsson, P. (2007) The impact of forecast information quality on supply chain performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 27(1), pp. 90-107.
- Fransoo, M., J. F. Wouters. (2000). Measuring the bullwhip effect in the supply chain. *Supply Chain Management* 5(2),pp 78.
- Gérard P. Fisher M. , (2000). Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information, *Management Science*, 46,(8) , pp. 1032-1048
- Vishal G, Giloni A., Seshadri S., (2005). "Information Sharing in a Supply Chain Under ARMA Demand", *management Science*, 51(6), pp. 961–969
- Hyun-cheol P. C.,(2010). Information Sharing in Supply Chain Management: A Literature Review on Analytical Research, *California Journal of Operations Management*, 8,(1), pp 110-116
- Helbing Dirk, Lnammer Stefan , Supply and Production Networks: From The Bullwhip Effect to Business Cycles,
- Kelepouris, M., Drakos, (2005). Simulating a supply chain : Forecasting techniques, lead times, safety stock and their impact on bullwhip effect and product fill rate
- Kelepouris T., Miliotis P. , Pramataris K, (2008). The impact of replenishment parameters and information sharing on the bullwhip effect: A computational study", *Computers & Operations Research* 35 ,pp 3657 – 3670
- B.J. Lalonde, (1998). Building a supply chain relationship, *Supply Chain Management Review* 2 (2), pp. 7–8
- Lee H.L., Padmanabhan V. and Whang Seungjin, (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Source, *Management Science*, 43, (4), pp. 546-558
- Lee H., Kut C. So, Tang, C. S. (2000). “The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain”, *Management Science*, 46, (5) , pp. 626-643
- Lin F., Huang S., Lin S.,(2002). Effects of information sharing on supply chain performance in electronic commerce, *IEEE Transactions on Engineering Management* 49 (3) ,pp 258–268
- Li S., Lin B., (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain management, *Decision Support Systems* 42. PP 1641–1656
- Li S., Lin B., (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain

- management, *Decision Support Systems* 42 ,pp 1641–1656
- Luong H.T., Phien N.H. , (2007). Measure of bullwhip effect in supply chains: The case of high order autoregressive demand proces . *European Journal of Operational Research* 183,pp.197–209
 - Ozelkan E.C., Akanyıldırım M. C., (2009). Reverse bullwhip effect in pricing, *European Journal of Operational Research*, 192, pp.302–312
 - Özer, Zheng, and Chen, (2011). Trust in Forecast Information Sharin *Management Science* 57(6), pp. 1111–1137
 - Ouyang Y., (2007). The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect ,*European Journal of Operational Research* 182 ,pp 1107–1121
 - Ouyang Y. ,Li X., (2010). The bullwhip effect in supply chain networks , *European Journal of Operational Research* 201 ,pp 799–810
 - Pires S.I. Bremer C.F. Eulalia L. Goulard C.P. (2001).Supply Chain and Virtual Enterprises : comparisons, Migrations and a Case Study, *Intemational Journal of Logistics: Research and Applications*, 4 (3)
 - Roger D. H. Warburton, (2004). An Analytical Investigation of the Bullwhip Effect, *Production and Operations Management*, 13,(2), pp. 150–160
 - T. Stein, J. Sweat, (1998) Killer supply chains, *InformationWeek* 708 (9),pp. 36–4
 - Thonemann U.W., (2002). Improving supply-chain performance by sharing advance demand information, *Elsevier; European Journal of Operational Research* 142,pp 81–107
 - Yue X., Liu J., (2006). "Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain",*European Journal of Operational Research* ,174 ,pp 646–667.
 - Yue X., Liu J., (2006). Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain, *European Journal of Operational Research* ,174 ,pp 646–667.
 - Kefeng X. , Dong Y ,Yu X., (2015). Too Little’or‘Too Late’:The timing of supply chain demand collaboration, *European Journal of Operational Research* 241 ,pp 370–380
 - Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. (2000), *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*, International ed., McGraw- Hill, Singapore
 - Tsan-Ming C., Jian L., YingW,(2012). Will a supplier benefit from sharing good information with a retailer? ,*Decision Support Systems*,56 ,pp 131–139

- Yao Z.(2008). The Impact of Information Sharing on Supply Chain Performance
- Yu Z.X., Yan H., Cheng T.C.E., (2001). Benefits of information sharing with supply chain partnerships , *Industrial Management and Data Systems*,101 (3) , pp 114–119.
- Zhang, X. (2004). Evolution of ARMA demand in supply chains, *Manufacturing Service Oper. Management*, 6 (2),pp. 195–198.
- Zhang X. (2008). essentials for information coordination in supply chain mangmnt 4, (10) *Asian Social Science*
- Roger. M.J., Towill D.R., (1997). Information enrichment: designing the supply chain for competitive advantage, , 2, (4) ,137–148.
- Zhao X., Xie J., Zhang W.J., (2002). The impact of information sharing and order-coordination on supply chain performance, *Supply Chain Management: an International Journal*, No.(1), pp 24–40
- Zhao X. & Jinxing X. (2002). Forecasting errors and the value of information sharing in a supply chain, *International Journal of Production Research*, 40, (2), pp 311-335
- Zhou H., W.C. Benton Jr. (2007). Supply chain practice and information sharing. *Journal of Operations Management* 25 , pp 1348–1365
- Zotteri G., (2013). An empirical investigation on causes and effects of the Bullwhip-effect: Evidence from the personal care sector. , *Int. J. Production Economics* 143,pp 489–498